Franco Folini

Disegno Assistito da Calcolatore
con esercitazioni

Scritto ed impaginato dall'autore utilizzando Microsoft Word for Windows Version 2.0

Copyright © Università degli Studi di Parma, 1994
Tutti i diritti riservati

... alle basi.

Indice

Prefazione 1

1 Componenti hardware di un elaboratore 5
1.1. Processore centrale 5
1.2. Coprocessore matematico 5
1.3. Memoria centrale 5
1.4. Memoria esterna 6
1.4.1. Memoria esterna ad accesso diretto 6
1.4.2. Memoria esterna ad accesso sequenziale 7
1.5. Dispositivi di input 7
1.5.1. Tastiera 7
1.5.2. Dispositivi di puntamento e posizionamento 8
1.5.3. Dispositivi per l'acquisizione di dati 10
1.6. Dispositivi di output 11
1.6.1. Hardware grafico 11
1.6.2. Monitor 13
1.6.3. Plotter 14
1.6.4. Stampanti 16
1.6.4.1. Stampanti ad aghi 16
1.6.4.2. Stampanti a margherita 17
1.6.4.3. Stampanti laser 17
1.6.4.4. Stampanti a getto d'inchiostro 18
1.6.4.5. Stampanti termiche 18
1.6.5. Uscita audio 19
1.7. Dispositivi di comunicazione 19

2 Componenti software di un elaboratore 21
2.1. Il sistema operativo 21
2.1.1. Classificazione 21
2.1.2. Kernel 22
2.1.3. Interprete di comandi 23
2.1.4. File-System 23
2.1.5. Utilities 24
2.1.6. Interfacce grafiche a finestre 24
2.1.6.1. Operazioni sulle finestre 25
2.2. I principali ambienti a finestre 27
2.2.1. MS-Windows 28

2.2.2. Finder 30
2.2.3. X-Window 30
2.2.4. OSF/Motif 31
2.2.5. Open Look 31

3 Utilizzo dell'elaboratore 33
3.1. Attivare una sessione di lavoro 33
3.2. Il prompt ed il cursore 34
3.3. Uso dell'interprete di comandi 34
3.4. Terminare una sessione di lavoro 35
3.5. Rassegna dei principali comandi 35
3.5.1. Esecuzione di un programma 35
3.5.2. Comandi che operano su directory 36
3.5.3. Comandi che operano su file 39
3.5.4. Comandi che operano su link 40
3.5.5. Tabelle riassuntive dei principali comandi 41

4 Sistemi CAD per il disegno 43
4.1. I sistemi CAD 43
4.2. Modello CAD 44
4.3. Funzionalità principali 45
4.3.1. Disegno 45
4.3.2. Strutturazione del disegno 47
4.3.3. Modifica del disegno 49
4.3.4. Gestione di parti ricorrenti 51
4.3.5. Interrogazione del disegno 51
4.3.6. Automatizzazione di attività ripetitive 53
4.3.7. Gestione di archivi 54
4.3.8. Interscambio dati 54
4.3.9. Personalizzazione dell'ambiente 56
4.3.10. Visualizzazione 57

5 La modellazione di solidi 59
5.1. Proprietà dei modelli di solidi 59
5.2. Gli schemi di rappresentazione 62
5.2.1. Proprietà formali degli schemi di rappresentazione 63
5.2.2. Proprietà non formali degli schemi di rappresentazione 63
5.3. Schemi di rappresentazione per solidi rigidi 64
5.3.1. Rappresentazioni per scomposizione regolare 65
5.3.2. Rappresentazioni della frontiera topologica 66
5.3.3. Rappresentazioni costruttive 67

6 Sistemi a variabilità dimensionale 71

6.1. Funzionalità....71
6.2. Vincoli....73
6.3. Tecniche di parametrizzazione....74
6.3.1. Approccio “di programmazione”....75
6.3.2. Approccio “variazionale”....75
6.3.3. Approccio “basato su regole”....76
6.3.4. Approccio “procedurale-relazionale”....77
6.4. Rappresentazione dei vincoli nei sistemi variazionali....78
6.4.1. Appartenenza di un punto ad una retta....78
6.4.2. Distanza punto-punto....79
6.4.3. Raggio circonferenza....79
6.4.4. Angolo retta....79
6.4.5. Tangenza retta-circonferenza....79
6.4.6. Tangenza circonferenza-circonferenza....80
6.4.7. Concentricità....80
6.4.8. Congelamento coordinate di un punto....80
6.5. Soluzione dei vincoli nei sistemi variazionali....81
6.6. Un esempio di modello variazionale....82
6.7. Un esempio di modello parametrico....84

7 Organizzazione del lavoro e sistemi CAD....87
7.1. Scenario A: strumenti tradizionali....87
7.2. Scenario B: prima informatizzazione....89
7.3. Scenario C: integrazione delle risorse....90
7.4. Scenario D: strumenti avanzati....93

8 Alcuni sistemi CAD....95
8.1. Copertura geometrica....95
8.2. Rappresentazione....96
8.3. Variabilità dimensionale....97
8.4. Classificazione di alcuni sistemi CAD....97
8.4.1. AutoCAD....98
8.4.2. GBG DraftMaker....99
8.4.3. Eureka....100
8.4.4. I-DEAS....101
8.4.5. Unigraphics....102

Appendice A Utilizzare AutoCAD....103
Introduzione....103
Lezione 1 Realizzare il primo disegno....104
1.1. Attivare il sistema AutoCAD....104
1.2. Creare un disegno....105
1.3. Iniziare a disegnare....107

1.4. Disegnare una linea 108
1.5. Disegnare una spezzata con il comando LINE 108
1.6. Disegnare le circonferenze 109
1.7. Memorizzare il disegno 110
Lezione 2 Quotare un disegno 110
2.1. Caricare un disegno in memoria centrale 111
2.2. Creare la prima quota 111
2.3. Disegnare le altre quote lineari 112
2.4. Disegnare le quote angolari 113
2.5. Definire gli assi di un cerchio 113
2.6. Quotare un cerchio. 114
2.7. Aggiungere del testo al disegno 114
2.8. Terminare la seduta di lavoro 114
Lezione 3 Utilizzare le funzionalità di editing 115
3.1. Definire un foglio di formato unificato A4 115
3.2. Tracciare gli assi 116
3.3. Creare la geometria di base 116
3.4. Utilizzare le funzioni di Zoom e Pan 117
3.5. Tagliare le parti di segmento non necessari 118
3.6. Raccordare due segmenti 118
3.7. Campire una sezione 119
Lezione 4 Assemblare un disegno complesso 119
4.1. Preparare il foglio da disegno 119
4.2. Disegnare il bullone 120
4.3. Creare il blocco “Bullone” 120
4.4. Definire la struttura base della flangia 121
4.5. Posizionare istanze del blocco “Bullone” sulla flangia 121
4.6. Verificare il disegno e terminare la sessione di lavoro 122
Lezione 5 Strutturare un disegno 123
5.1. Creare un template A4 123
5.2. Predisporre i layer nel template A4 124
5.3. Creare un disegno basato sul template A4 125
5.4. Definire di assi e sezioni principali del pezzo 125
5.5. Completare la flangia di sinistra 126
5.6. Generare della flangia di destra 126
Lezione 6 Utilizzare le funzioni avanzate 126
6.1. Predisporre il foglio da disegno 127
6.2. Disegnare virola e flangia 127
6.3. Disegnare la prima alternativa di progetto 128
6.4. Disegnare la seconda alternativa di progetto 129
6.5. Visualizzare le due alternative 129

Tavole per esercitazioni 130

Appendice B **GBG DraftMaker** 141
B.1. L'interfaccia Utente.....141
B.1.1. I valori di default 142
B.2. Comandi del menù statico.....143
B.2.1 Comandi di visualizzazione 143
B.2.2 Comandi per la definizione di punti.....145
B.2.3 Comandi per modifiche, copie e spostamenti 147
B.2.4 Comandi per la selezione di primitive.....149
B.2.5 Comandi di utilità.....150
B.3. Menù dinamici 152
B.3.1 Menù Definizione Segmenti 152
B.3.2 Menù Definizione circonferenze 154
B.3.3 Menù Definizioni varie.....155
B.3.4 Menù Impostazione trasformazioni.....158
B.3.5 Menù Definizione quote e testi.....159
B.3.6 Menù Simboli.....162
B.3.7 Menù Gruppi.....165
B.4. Il modulo GBG Parametric 169

Appendice C **Utilizzare Eureka**.....171
C.1. Introduzione 171
C.1.1. Attivare il sistema EUREKA 171
C.1.2. Uso di tastiera e mouse 171
C.1.3. Organizzazione dello schermo 172
C.1.4. I constraint variazionali.....174
C.2. Creazione di un solido parametrizzato 175
C.2.1. Visualizzare il sistema di riferimento (ARS).....175
C.2.2. Disegnare e cancellare una segmento di retta.....176
C.2.3. Disegnare un quadrilatero.....177
C.2.4. Creare un profilo variazionale.....178
C.2.5. Inserire i constraint geometrici 178
C.2.6. Inserire i constraint dimensionali.....179
C.2.7. Modificare i valori dei parametri 179
C.2.8. Disegnare un asse 180
C.2.9. Generare un solido parametrico di rivoluzione.....180
C.2.10. Verifica del solido ottenuto 181
C.2.11. Modifica del solido 181
C.2.12. Memorizzazione del solido 182
C.3 Realizzare un solido con più profili.....182
C.3.1 Disegno del primo profilo 182

C.3.2. Definizione delle variabili 184
C.3.3. Estrusione lineare del profilo 186
C.3.4. Creazione del secondo profilo 187
C.3.5. Scavo della tasca e raccordo del fondo 190
C.3.6. Creazione di un perno raccordato 191
C.5. Esempi d'utilizzo 193

Appendice D Utilizzare I-DEAS 195
C.1. Esempi d'utilizzo 195

Bibliografia 197

Indice analitico 201

Prefazione

Questo volume trae origine dall'esperienza maturata a partire dall'A.A. 1991-92,presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Parma con i corsi di *Disegno Automatico*, prima, e *Disegno Assistito dal Calcolatore*, poi, nel Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica; esso raccoglie in modo sistematizzato ed organico gli argomenti affrontati e riporta in appendice materiale di supporto per vari sistemi CAD commerciali utilizzati in questi Corsi e, per quanto riguarda il disegno, una proposta di sequenza operativa da seguire per acquisire dimestichezza con tali strumenti.

Il volume è rivolto ad allievi che devono principalmente utilizzare le varie tecnologie CAD per risolvere al meglio e nel modo più efficiente problemi di progettazione nel settore meccanico e non per sviluppare programmi; esso fornisce descrizioni funzionali ed operative proponendo un quadro descrittivo delle tecnologie finalizzato a far capire le potenzialità ed i limiti offerti dalle varie tecnologie hardware e software sempre nell'ottica di un *problema da risolvere*: il problema di realizzare un modello geometrico ed un documento che specifichi le caratteristiche di comportamento reali di un pezzo meccanico, secondo le norme in uso.

Particolare attenzione è data all'ultima evoluzione della tecnologia CAD che permette di modellare, rappresentare ed utilizzare non solo forme geometriche fisse e statiche ma famiglie parametrizzate e legami variabili fra grandezze geometriche e non. In sintesi, questa tecnologia perme di immettere nel modello non solo lo statico risultato finale di una fase di progettazione svolta tutta al di fuori del sistema CAD, ma bensí di includere almeno parzialmente nel modello il *come* ed il *perchè* certe gemetrie finali prendono corpo.

Nato con le finalità descritte, il volume è quindi orientato ad un utente che ha un *problema da risolvere*: esso può essere quindi utilizzato in tutti quei contesti che abbiano a che fare con la rappresentazione di forme geometriche in ambiti non necessariamente universitari o addirittura educazionali. Infatti, anche le appendici relative ai vari sistemi commerciali cercano di dare quelle informazioni che sono complementari alla tradizionale documentazione tecnica data dai fornitori dei relativi software applicativi.

Il volume non ha la pretesa di essere esaustivo e potrebbe essere integrato con esempi di modellazione di superfici e di integrazione con sistemi per la modellazione ed analisi ad elementi finiti ed arricchito con appendici relative ad altri sistemi commerciali.

L’evoluzione nel settore del software applicativo è molto rapida e fa si che tutta la letteratura in questo settore si debba evolvere ed aggiornare di conseguenza. Ne deriva che le future riedizioni del volume, oltre ad allinearsi all’evoluzione del software applicativo, verranno di arricchite anche di esempi e proposte specifiche nel settore della modellazione di solidi e superfici, coerentemente con la crescente diffusione dell’uso sistematico di queste tecniche.

prof. Umberto Cugini

1
Componenti hardware di un elaboratore

Osservando un elaboratore (*computer*) di tipo personale *(PC Personal Computer*) oppure una stazione di lavoro per sistemi CAD (*workstation*) si individuano alcuni componenti fondamentali quali un contenitore usualmente metallico in cui sono alloggiati il processore principale e la memoria centrale, una tastiera (*keyboard*) ed uno schermo (*monitor*). Nei paragrafi seguenti si analizzano questi elementi ed altri componenti interni ed esterni all'elaboratore.

1.1. Processore centrale

L'unità centrale di processamento (CPU *Central Processing Unit*) o unità di controllo, è un microprocessore responsabile dell'esecuzione dei programmi: effettua le operazioni di calcolo ed accede ai dati in memoria centrale. Le CPU sono classificate in due grandi gruppi: le CPU basate sulla tecnologia RISC (*Reducted Instructions Set Computer*) e quelle basate sulla tecnologia CISC (*Complex Instructions Set Computer*). Le due tecnologie si differenziano per velocità e varietà delle istruzioni macchina eseguibili.

1.2. Coprocessore matematico

In alcuni elaboratori è prevista la possibilità di incrementare le prestazioni di calcolo affiancando al processore principale un processore ausiliario, o coprocessore, specializzato nell'esecuzione delle operazioni di calcolo matematico (*math coprocessor*). Questi processori ausiliari sono in gradi di eseguire direttamente "in hardware" operazioni matematiche anche complesse, incrementando in modo significativo le prestazioni dell'elaboratore nell'esecuzione di programmi che richiedono quantità rilevanti di calcolo, come ad esempio i programmi di CAD o di modellazione ed analisi ad elementi finiti.

1.3. Memoria centrale

Ogni elaboratore fa uso di una memoria centrale (*Main Memory*) molto veloce, con tempi di accesso nell'ordine dei nano secondi. La memoria centrale è utilizzata in [(1)] ad oltre 16 Mb per i personal computer e da 16 Mb ad oltre 128 Mb per le workstation. La memoria centrale è classificata in:

RAM (*Random Access Memory*). Questa memoria è utilizzata per memorizzare dati e programmi, caricati dinamicamente dall'elaboratore; caratteristica essenziale di questa memoria è la volatilità: allo spegnimento dell'elaboratore il contenuto della RAM viene perduto definitivamente.

ROM *(Read Only Memory)*. Questa memoria contiene programmi e dati in modo non volatile, statico e non modificabile. Tipicamente è contenuto in ROM il software per la gestione della fase iniziale (*booting phase*) che segue all'accensione dell'elaboratore, e per il caricamento del nucleo del sistema operativo.

Entrambi i tipi di memoria, RAM e ROM, sono caratterizzati da un accesso diretto (*Random Access*), cioè, dato un indirizzo di memoria, è possibile accedere direttamente alla cella corrispondente in un tempo costante (tempo di accesso) indipendente dalla posizione.

1.4. Memoria esterna

La memoria esterna o memoria di massa (*mass storage*/*secondary memory*) è una memoria di tipo permanente, in quanto si conserva ben oltre la singola seduta di lavoro. Si caratterizza per tempi di accesso che sono di alcuni ordini di grandezza maggiori rispetto a quelli della memoria centrale e per un costo, per Mb, nettamente inferiore. E' suddivisa in memoria ad accesso diretto, utilizzata per la memorizzazione di dati e/o programmi di uso più frequente, e memoria ad accesso sequenziale, generalmente utilizzata per la memorizzazione di dati e/o programmi di uso non frequente e per l'archiviazione delle copie di sicurezza.

---

(1) La dimensione della memoria centrale ed esterna viene espressa in byte, Kb kilo byte (1Kb = 1024 byte), Mb mega byte (1Mb = 1024 Kb) e Gb giga byte (1Gb = 1024 Mb).

1.4.1. Memoria esterna ad accesso diretto

La memoria esterna ad accesso diretto è costituita da supporti magnetici, oppure ottici, a cui l'elaboratore accede in lettura e/o scrittura per mezzo di appositi dispositivi di lettura/scrittura (*device*). Il dispositivo di memoria esterna ad accesso diretto più importante è il disco rigido (HD *Hard Disk*) detto anche disco fisso in quanto il dispositivo di lettura/scrittura non è separabile dal supporto magnetico di memorizzazione.

Un hard disk è costituito da più dischi rigidi rivestiti da un supporto magnetico e assemblati in un unico blocco. I dischi rigidi sono caratterizzati da capacità comprese tra i 40 Mb ed i 4 Gb. Questi dispositivi di memorizzazione garantiscono dei tempi di accesso nell'ordine dei millisecondi. I minidischi (*floppy disk*) sono rimovibili ed hanno capacità da 720 Kb, 1.4 Mb oppure 2.8 Mb e sono caratterizzati da tempi di accesso decisamente più lunghi. La dimensioni dei floppy disk è rapidamente passata da 8" degli anni '80-'85, ai 5"1/4 degli anni '85-'90, fino agli attuali 3"1/2 e recentemente a 2"1/2.

Attualmente si stanno diffondendo anche altri dispositivi di memorizzazione esterna come i dischi magneto-ottici (*magneto-optical disk*), i dischi ottici (*optical disk*) detti anche WORM (*Write Once Read Many*), ed i dischi ottici basati sullo standard CD-DA (*Compact Disk Digital Audio*).

Dal punto di vista dell'utilizzatore questi differenti tipi di memorie si caratterizzano per differenti tempi di accesso, capacità e costo per Mb.

1.4.2. Memoria esterna ad accesso sequenziale

I nastri magnetici (*tape*) sono sempre stati utilizzati, grazie al costo contenuto e le grandi capacità, per l'archiviazione a medio e lungo termine di dati e programmi. L'uso delle bobine è stato recentemente abbandonato per le più pratiche cassette (*cartdrige*) con capacità che variano da alcune decine ad alcune centinaia di Mb e di dimensioni sempre più contenute. Attualmente va diffondendosi l'utilizzo di nastri nel formato DAT (*Digital Audio Tape*) con capacità nell'ordine dei Gb.

1.5. Dispositivi di input

L'elaboratore riceve informazioni dall'utente e dal mondo esterno per mezzo di dispositivi di ingresso (*input devices*), [1]. Le informazioni che possono essere acquisite sono di vari tipi: caratteri, coordinate 2D, coordinate 3D, immagini, segnali analogici audio o video, ecc.

1.5.1. Tastiera

La tastiera (*keyboard*) è il più tradizionale strumento di comunicazione con l'elaboratore. Le tastiere si differenziano per il numero e per la disposizione (*keyboard layout*) dei tasti. La tastiera è spesso corredata da tasti per il controllo del cursore e dai cosiddetti tasti funzionali (*functional key*) a cui possono venire associati comandi particolari; ad integrazione delle funzionalità della tastiera è spesso presente anche un tastierino numerico (*numeric key pad*) utilizzato per l'inserimento veloce di dati numerici.

1.5.2. Dispositivi di puntamento e posizionamento

Con lo sviluppo delle interfacce utente grafiche GUI (*Graphical User Interface*) si sono ampiamente diffusi i dispositivi di puntamento, cioè strumenti che permettono di indicare direttamente una regione o un punto sullo schermo senza fare uso della tastiera. I programmi che implementano o fanno uso di GUI, elaborando l'informazione acquisita per mezzo di tali dispositivi, sono in grado di riconoscere quale "oggetto" o simbolo grafico è visualizzato in corrispondenza del punto indicato sullo schermo dall'utente per mezzo del dispositivo di puntamento. Il riconoscimento della selezione di un "oggetto" può attivare uno o più sottoprogrammi che operano sull'oggetto stesso; attivare le stesse operazioni senza l'ausilio di un dispositivo di puntamento richiederebbe la digitazione di lunghi comandi. Gli oggetti selezionabili possono essere simboli grafici in forma iconica o testuale: la selezione attiva un particolare comando associato al simbolo; nel contesto di molte applicazioni sono selezionabili anche oggetti grafici e testuali su cui eseguire particolari operazioni. Nel contesto dei sistemi CAD, ad esempio, usualmente è presente sullo schermo una rappresentazione grafica di un tasto con la scritta "ZOOM" la cui selezione, con un dispositivo di puntamento, causa uno zoom del disegno; analogamente la selezione di una circonferenza sul disegno consente di eseguire su questa entità geometrica operazioni come la cancellazione oppure la modifica del colore. La corrispondenza visuale (*feed back*) che si realizza tra movimento del dispositivo di puntamento ed immagine visualizzata sullo schermo facilita in modo significativo l'interazione dell'utente con il programma. Questo modo di operare è molto più rapido ed intuitivo rispetto alle tradizionali tecniche di interazione uomo macchina basate sull'impiego della tastiera. Le tecniche di interazione di tipo grafico sono insostituibili nel contesto di programmi grafici quali ad esempio le applicazioni di progettazione assistita da elaboratore (*CAD Computer Aided Design*), di grafica elettronica (*Computer Graphics*) e di editoria personale/aziendale (*DTP Desk Top Publishing*).

Si distinguono due classi di dispositivi di puntamento:

Dispositivi di puntamento relativi. Il più diffuso dispositivo di puntamento (*pointing device*) di tipo relativo è il mouse, illustrato in Fig. 1.2. Dal punto di vista meccanico il mouse zè costituito da una sfera metallica rivestita in gomma, posta in un alloggiamento di materiale plastico impugnato dall'utente. Il movimento del mouse causa un rotolamento della sfera sul piano di appoggio; questo rotolamento viene rilevato da sensori posti internamente all'alloggiamento e codificato in segnali inviati all'elaboratore. Come avviene per tutti i dispositivi di puntamento relativi, i segnali che fluiscono dal mouse verso l'elaboratore non indicano la posizione assoluta del dispositivo, ma ne indicano l movimenti(2). La posizione del cursore grafico sullo schermo è messa in corrispondenza con la posizione della mano dell'utente sulla base dei movimenti rilevati dal mouse. Si assiste oggi alla proposta di numerosi dispositivi di puntamento alternativi al mouse con lo scopo di meglio soddisfare le esigenze degli utenti di computer portatili come i laptop, i notebook. Dispositivi di puntamento analoghi al mouse, ma di uso limitato principalmente ai videogame sono la track-ball ed il joy-stick, illustrato in Fig. 1.2.

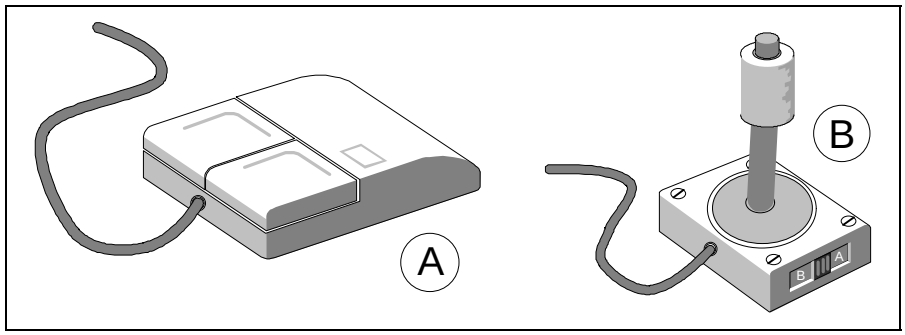


Figura 1.2: Mouse (A) e joystick (B).

Dispositivi di puntamento assoluti. I dispositivi di puntamento assoluti comunicano all'elaboratore la posizione in coordinate assolute di un sensore che si muove, condotto dalla mano dell'utente, entro un'area fissata di forma rettangolare.. Sulla base di queste informazioni il software di controllo del dispositivo è in grado di mettere in corrispondenza l'area utilizzato dal dispositivo di

(2) Il mouse invia all'elaboratore delle coppie di coordinate che corrispondono non a coordinate assolute ma a variazioni lungo x e lungo y della posizione.

puntamento con lo schermo dell'elaboratore. Il dispositivo di puntamento assoluto maggiormente diffuso è la tavoletta grafica (*tablet*) detta anche digitalizzatore (*digitizer*); attualmente sta assumendo importanza crescente, nell'ambito delle GUI un'evoluzione della penna ottica (*light pen*), una penna con cui è possibile indicare una posizione sullo schermo toccandone direttamente la superficie. Questa recente evoluzione è basata sull'utilizzo di schermi sensibili in grado di rilevare direttamente la posizione della penna come avviene per le tablet.

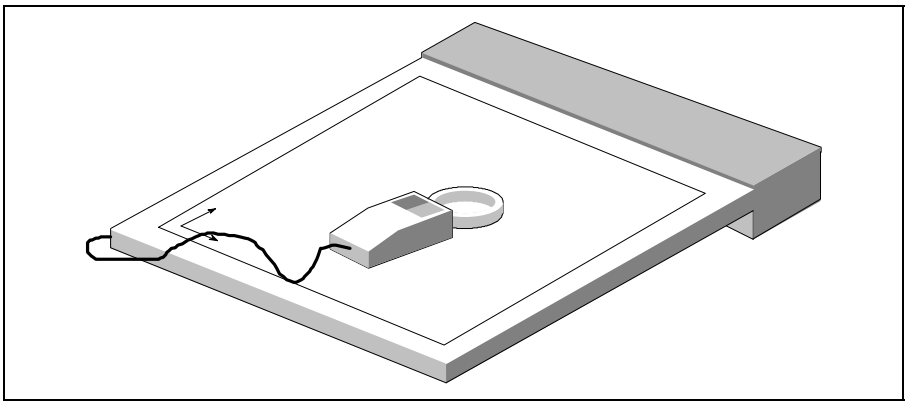


Figura 1.4: Tablet.

1.5.3. Dispositivi per l'acquisizione di dati

Un più completo utilizzo degli elaboratori richiede l'accesso agli strumenti software anche alle informazioni sul mondo esterno. A questo scopo si utilizzano numerosi strumenti che consentono di offrire all'elaboratore una descrizione digitale di fenomeni quali il suono, il movimento, ecc.

Gli strumenti per l'acquisizione di dati esterni sono molto numerosi, tra questi si segnalano:

Microfono. Il microfono si è recentemente diffuso come dispositivo per acquisizione di messaggi vocali, musica o informazioni, memorizzabili ed elaborabili eventualmente in combinazione con segnali audio provenienti da sorgenti quali sintetizzatori, compact disk, ecc. I sistemi software più recenti consentono una gestione di dati audio in combinazione con dati di tipo testuale e grafico; è ad esempio possibile inviare per posta elettronica messaggi audio oppure inserire in un documento annotazioni vocali.

Lettore ottico. Per l'acquisizione di immagini e di testi da supporto cartaceo si utilizzano dispositivi in grado di acquisire un'immagine digitale del documento. Questi dispositivi sono detti lettori ottici (*scanner*). Vi sono scanner di piccole dimensioni (*handy scanner*) per digitalizzare delle "strisce" di pochi cm. da documenti cartacei, e scanner per digitalizzare fogli in formato A4 e A3. La maggioranza degli scanner operano acquisendo l'immagine su livelli di grigio mentre alcuni modelli hanno la capacità di acquisire fino a 256 colori differenti. Usualmente gli scanner che operano per livelli di grigio sono abbinati a strumenti software per il riconoscimento di caratteri (*OCR Optical Character Recognition*). Gli strumento software software OCR analizzano l'immagine digitale acquisita dallo scanner e ricostruiscono il testo presente nel documento originale codificandolo in forma di testo, editabile e modificabile con un programma di elaborazione testi/video scrittura (*word processing*). Un altro tipo di strumenti software abbinati allo scanner sono i programmi di vettorializzazione, utilizzati ad esempio nel contesto dei sistemi CAD. Questi strumenti software riconoscono in un'immagine digitalizzata segmenti, archi, ecc., consentendo in tal modo di importare nel sistema CAD parti originariamente realizzate sul supporto cartaceo.

Telecamera. Anche la telecamera è utilizzata come dispositivo di input. In particolare si fa uso di telecamere connesse a sistemi di elaborazione ove sia necessario realizzare dei sistemi di visione come nel caso di alcuni sistemi robotizzati, di sistemi semoventi e in sistemi di controllo di linee di produzione.

Digitalizzatore 3D. E' possibile utilizzare, solamente a livello sperimentale, degli strumenti di puntamento in grado di definire interattivamente dei punti dello spazio 3D; le modalità operative sono analoghe a quelle della tablet, con in più la presenza di una terza coordinata. Questo tipo di dispositivi riveste grande importanza nell'ambito del CAD ed in particolare del disegno 3D e della modellazione di solidi. Tra i dispositivi di comunicazione più recenti troviamo anche i guanti dotati di sensori che rilevano la posizione spaziale e la disposizione delle dita; tali guanti, tra cui il noto *Data Glove*, consentono di operare in modo molto intuitivo in uno spazio 3D.

1.6. Dispositivi di output

Corrispondentemente ai dispositivi di input l'elaboratore dispone anche di dispositivi di uscita (*output devices*), ampiamente descritti in [1], necessari per un utilizzo interattivo dell'elaboratore, per la visualizzazione e la stampa dei risultati intermedi e finali dell'elaborazione.

1.6.1. Hardware grafico

Gli elaboratori utilizzati in attività che richiedono la visualizzazione di informazioni in forma grafica e non solamente alfa-numerico fanno uso di dispositivi grafici per la visualizzazione. Nei personal computer questi dispositivi sono usualmente posti su una scheda indicata come scheda grafica (*graphic card / graphic board*). Molte schede grafiche, le più economiche, lasciano alla CPU il compito di occuparsi anche delle attività connesse alla grafica; altre schede utilizzano un processore o un gruppo di processori specializzati per l'esecuzione di questi compiti, offrendo in tale modo prestazioni particolarmente elevate.

I dispositivi di hardware grafico si caratterizzano per il tipo e la velocità delle operazioni che sono in grado di eseguire; le operazioni vanno dalla semplice gestione dei pixel(3) al disegno di segmenti e curve 2D al disegno di vettori 3D. L'impiego di hardware specializzato per la grafica garantisce prestazioni migliori rispetto all'impiego di configurazioni standard ma comporta incrementi significativi dei costi. Nell'ambito dei personal computer i dispositivi per la grafica si distinguono principalmente per la risoluzione(4). Le schede grafiche per PC maggiormente diffuse sono: la vecchia ed obsoleta CGA (*Computer Graphic Adapter*) con risoluzione di 320x200 pixel in 4 colori; la superata EGA (*Enhanced Graphic Adapter*) con risoluzione di 640x400 pixel in 16 colori; la VGA (*Video Graphic Array*) con risoluzione 640x480 pixel in 16 colori; la XGA (*Extended Graphic Adapter*) con risoluzione di 800x600 pixel ed infine la Super VGA con risoluzioni da 800x600 a 1024x768 e 1280x1024 pixel. Questo elenco è inevitabilmente incompleto in quanto schede grafiche disponibili per i personal computer sono in continua evoluzione, con sempre nuove schede che offrono maggiori risoluzioni, velocità superiori e prezzi sempre più contenuti.

---

(3) Il termine PIXEL, sincopato di Picture Element, indica l'unità elementare di visualizzazione nella grafica raster.

(4) Con risoluzione si intende il numero di pixel visualizzabli per mezzo di un dispositivo grafico. Usualmente la risoluzione di un display viene fornita come `nxm` dove n é il numero di pixel presenti in orizzontale ed m é il numero di pixel in verticale. Il prodotto di questi due valori, rappresenta il numero totale di pixel visualizzati.

Nell'ambito delle workstation non esiste una flessibilità analoga a quella dei personal computer dove le schede possono essere agevolmente sostituite anche da un semplice utente; le caratteristiche grafiche di ciascuna workstation sono generalmente migliori di quelle di un personal computer ma sono meno configurabili. Ciascuna workstation viene configurata al momento della vendita per offrire un determinato livello di prestazioni grafiche al costo fissato e raramente questa configurazione viene modificata nel corso della vita operativa della workstation. Anche per le workstation i livelli di risoluzione e di prestazioni sono estremamente variabili: usualmente è previsto un hardware grafico minimale di costo contenuto; alternativamente la workstation può essere configurata con vari acceleratori grafici di potenza e costo crescenti fino a raggiungere prestazioni di tutto rilievo. Sono spesso disponibili acceleratori grafici specializzati per cui è possibile disporre di elaboratori configurati per offrire prestazioni di rilievo nella grafica bit-mapped (*elaborazione di immagini*), nella grafica vettoriale 2D (*sistemi di drafting*), o nella grafica vettoriale 3D (*sistemi di solid modeling*). Le risoluzioni maggiormente diffuse vanno da 1280x1024 a 2048x2048 pixel con un numero di colori da 256 a 16 milioni.

L'insieme di colori disponibili non è solitamente determinato in modo rigido, in molte schede grafiche è fissato solamente il numero massimo di colori presenti contemporaneamente sullo schermo; questi colori sono usualmente selezionabili in una tavolozza (*color palette*) molto ricca: ad esempio una combinazione molto frequente prevede l'utilizzo di 256 colori scelti in una palette di 16 milioni.

1.6.2. Monitor

Il monitor è divenuto il dispositivo di output primario solamente negli anni '80, sino ad allora il principale strumento di interazione utente-sistema era costituito dalle telescriventi. L'impiego del monitor ha esteso l'impiego dell'elaboratore, allora riservato principalmente ad attività di calcolo, anche ad attività con esigenze di visualizzazione ed interazione grafica, quali il CAD, la composizione di testi, l'editoria, la business graphics, ecc.

I monitor utilizzati sono monocromatici (*monochrome monitor*) oppure a colori (*color monitor*). I monitor monocromatici sono maggiormente utilizzati nell'elaborazione di testi e con programmi gestionali, mentre quelli a colori sono utilizzati per attività tipicamente grafiche.

Display CRT vettoriali a rinfresco. Questi display utilizzano una tecnologia basata sul tubo a raggi catodici (*CRT cathode-ray tube*) che è stata mutuata direttamente dall'ambito televisivo e specializzata al fine di supportare risoluzioni via via maggiori. Un emettitore di elettroni (*electron gun*) posto all'estremità del tubo

entrambi i casi il tempo di refresh di una schermata completa risulta essere costante ed indipendente dalla complessità

Display LCD. Anche la tecnologia a cristalli liquidi (*LCD Liquid Cristal Display*) si basa su una scansione raster dello schermo con una visualizzazione per pixel. Ciascun pixel viene visualizzato con un singolo cristallo o con più cristalli. La visualizzazione di un pixel viene ottenuta polarizzando il cristallo posto nella posizione corrispondente; questo si orienta assumendo una colorazione più o

meno scura. Questa tecnologia sta avendo un grande impulso in quanto consente di realizzare elaboratori portatili di peso e dimensioni contenute. Sono attualmente disponibili sul mercato anche schermi a LCD a colori.

1.6.3. Plotter

I plotter sono il principale strumento per la riproduzione di modelli CAD su supporto cartaceo; sono caratterizzati da una tecnica di disegno di tipo vettoriale, che per precisione e qualità soddisfa le esigenze della produzione di disegni tecnici.

Si distinguono principalmente due categorie di plotter: i plotter a penna, che sono veri dispositivi vettoriali di stampa, ed i plotter elettrostatici che adottano una tecnica di stampa simile a quella delle stampanti laser, senza l'impiego di un tamburo foto conduttore.

I plotter a penna sono generalmente costituiti da una testina di stampa che alloggia una penna e che scorre orizzontalmente lungo una guida. In alcuni modelli la guida scorre perpendicolarmente al movimento della testina lungo due binari, in altri modelli il foglio è posto su uno o più rulli che ruotando ne causano lo spostamento nella direzione ortogonale a quella di movimento della testina. La combinazione dei due movimenti consente di tracciare non solo vettori di qualunque angolazione ma anche curve e testi. Il tracciamento di un disegno viene dunque ottenuto combinando i movimenti della testina e della guida o del foglio con il sollevamento (*pen-up*) e l'abbassamento (*pen-down*) della penna. Meccanismi di cambio automatico della penna consento la produzione di disegni con tratti di spessore e colore differenziato senza interventi manuale.

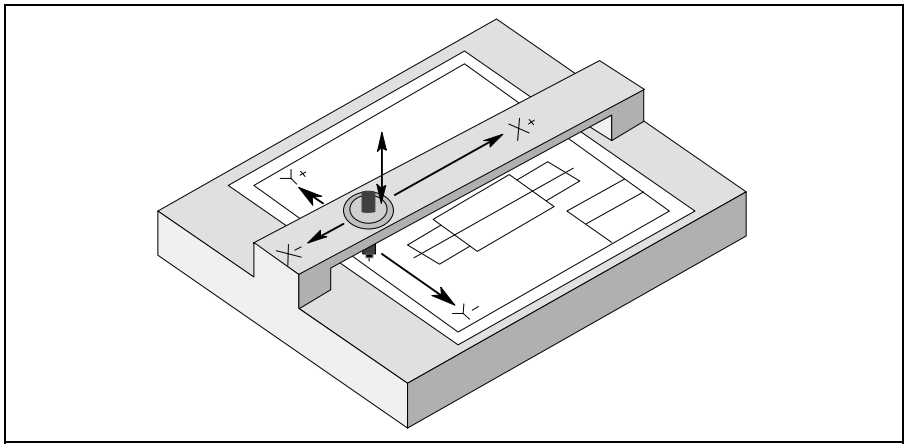


Figura 1.6: Plotter a penna da tavolo di piccole dimensioni.

I plotter si differenziano per la dimensione del foglio, sono disponibili plotter per i formati da A4 fino ad A0. I dati importanti per confrontare la qualità dei plotter sono la precisione e la velocità di tracciamento misurata in vettori al secondo.

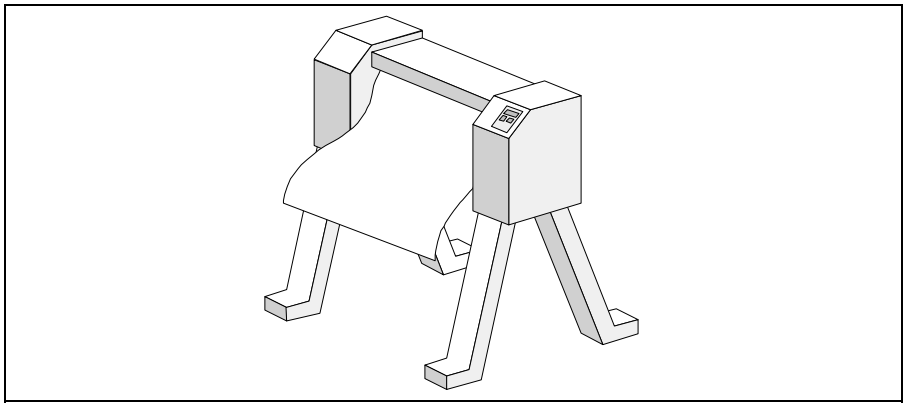


Figura 1.8: Plotter a tamburo di grandi dimensioni.

La recente riduzione di costi della tecnologia laser per la stampa e la disponibilità di stampanti laser di sempre maggiori dimensioni, stanno creando una concreta ed economica alternativa all'impiego dei plotter a penna.

I plotter vengono pilotati da un elaboratore per mezzo di linguaggi di descrizione del disegno, tra i più diffusi vi è il linguaggio HPGL (*Hewlett Packard Graphic Language*).

1.6.4. Stampanti

Un altro dispositivo che consente di riprodurre su supporto cartaceo immagini e testo è la stampante (*printer*). Il processo di stampa consiste nella scansione del foglio e nel deposito di tracce di inchiostro in corrispondenza dei caratteri o degli elementi grafici che si stanno riproducendo. Le tecnologie di stampa differiscono sostanzialmente per il modo con cui l’inchiostro viene depositato sul foglio. Fatta eccezione per le stampanti laser, questi dispositivi non si prestano per la produzione di rappresentazioni grafiche di elevata qualità, come richiesto ad esempio dai sistemi per il disegno, ma sono primariamente utilizzati nella stampa di testi.

Solo una piccola percentuale delle stampanti oggi utilizzate è in grado di produrre documenti con più colori; questa situazione è legata solo in parte alle limitate esigenze degli utilizzatori, il limite principale è legato all’elevato costo di strumenti in grado di produrre risultati di qualità apprezzabile. Solo recentemente

sono apparse sul mercato stampanti a colori (*color printer*) a prezzi accessibili ad una più ampia fascia di utenti.

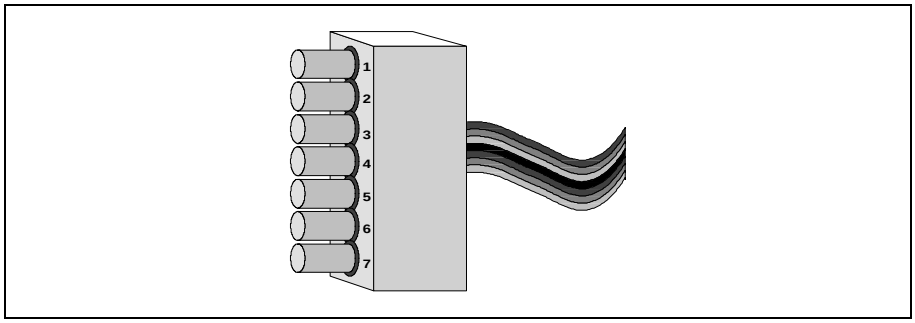


Figura 1.10: Testina di stampa con sette aghi schematizzata.

1.6.4.1. Stampanti ad aghi

La tecnologia ad aghi è considerata la tecnologia di stampa più economica e robusta nonché veloce. Le stampanti ad aghi (*impact printer*) o stampanti a matrice di punti (*dot matrix printer*) sono dotate di una testina (*printer head*) con alcuni aghi, generalmente tra 8 a 24, che viene mossa orizzontalmente lungo il foglio come la testina di una macchina da scrivere.

La stampa viene ottenuta creando un campo magnetico ad una estremità dell'ago che fuoriesce velocemente dalla testina comprimendo il nastro inchiostrato sul foglio di carta. Gli aghi sono allineati verticalmente; la stampa di un singolo carattere viene ottenuta con più battute spaziate orizzontalmente. Ad ogni battuta vengono attivati solamente gli aghi corrispondenti all'immagine che si vuole ottenere. La caratteristica rumorosità delle stampanti ad aghi, mediamente superiore ai 65 dB, ne sconsiglia l'impiego in ambienti di lavoro.

La tecnologia della stampa ad aghi è oggi ampiamente superata dalla tecnologia della stampa laser e pertanto queste stampanti sono sempre più impiegate solamente in situazioni dove è richiesta la stampa di grosse moli di dati senza il vincolo di una elevata qualità della stampa.

1.6.4.2. Stampanti a margherita

Le stampanti a margherita (*daisy wheels printer*) sono fondamentalmente delle macchine da scrivere elettroniche utilizzabili direttamente da un elaboratore. La testina è costituita da una margherita i cui petali contengono tutti i caratteri stampabili e da un martelletto. La stampa viene ottenuta ruotando la margherita

fino a portare il petalo con il carattere da stampare davanti al martelletto e quindi azionando il martelletto che preme il petalo contro il nastro inchiostrato sul foglio.

La caratteristica positiva di questo tipo di stampanti è la buona qualità di stampa. Le stampanti a margherita possono stampare solamente i caratteri presenti sulla margherita: non è quindi possibile utilizzare queste stampanti per immagini grafiche.

1.6.4.3. Stampanti laser

La tecnologia di stampa laser si è notevolmente diffusa per l'elevata qualità di stampa e per il costo relativamente basso. Questa tecnologia fa uso di un tamburo foto conduttore (*photoconductor drum*) su cui vengono distribuite delle cariche; un raggio laser colpisce il tamburo foto conduttore e rimuove le cariche dalle zone del tamburo corrispondenti alle parti che risulteranno bianche sul foglio stampato. Successivamente il tamburo foto conduttore ruotando avvicina il caricatore contente particelle di inchiostro (*toner*) che, attratte dalle cariche elettrostatiche, si depositano sul tamburo stesso. Nella fase successiva un dispositivo (*detach corona*) applica una carica elettrostatica al foglio che quindi attira le particelle di inchiostro presenti sul tamburo. Questa tecnica di stampa consente di ottenere immagini con una risoluzione a partire da 300 punti per pollice.

Le stampanti laser vengono pilotate dall'elaboratore facendo uso di linguaggi specializzati, tra questi il più diffuso è il linguaggio Postscript.

Tra le caratteristiche negative di queste stampanti vi sono il costo ancora abbastanza elevato, la limitata velocità di stampa, nell'ordine della decina di pagine il minuto; mentre tra le caratteristiche positive vi è l'alta qualità di stampa e

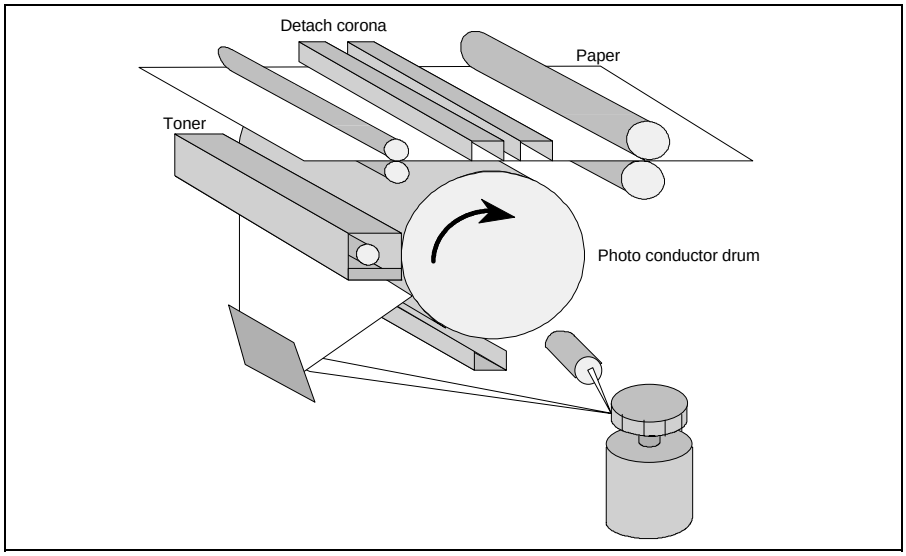


Figura 1.12: Funzionamento stampante LASER.

1.6.4.4. Stampanti a getto d'inchiostro

Le stampanti a getto d'inchiostro (*ink-jet printer*) depositano l'inchiostro sulla carta gettando delle piccole macchioline da un ugello posto su di una testina; nel processo di stampa la testina si muove in modo analogo a quella delle stampanti ad aghi. La qualità di stampa ottenuta è di poco inferiore a quella delle stampanti laser, e ad un costo più contenuto; unico inconveniente è la limitata velocità.

1.6.4.5. Stampanti termiche

Il principio su cui si basano le stampanti termiche (*thermal printer*) non prevede il deposito di inchiostro sul foglio di carta, ma l'utilizzo di carte speciali che sollecitate termicamente assumono la colorazione nera. La stampa avviene per mezzo di una testina che riscalda localmente la carta in corrispondenza dei caratteri e/o vettori in stampa. La qualità dei documenti prodotti, se confrontata con tecnologie di stampa più avanzate, è piuttosto limitata. Ciò che ha reso interessanti queste stampanti sono le caratteristiche di silenziosità ed il prezzo estremamente contenuto.

1.6.5. Uscita audio

Corrispondentemente alla presenza di un microfono, molti elaboratori dispongono anche di un altoparlante e/o di un'uscita audio mono/stereo collegabile ad un amplificatore audio esterno. L'utilizzo di questi dispositivi spazia dal tradizionale "beep" che segnala una richiesta di dati o una situazione di errore, all'utilizzo di sistemi multimediali (*multimedia systems*) che integrano suono, testo e immagini.

1.7. Dispositivi di comunicazione

L'impiego di un elaboratore può essere notevolmente esteso quando è possibile utilizzare dati e risorse hardware che risiedono su altri elaboratori ed è possibile comunicare con utenti di altri elaboratori. Per queste attività si utilizzano:

Interfacce di rete. Sono dei dispositivi che consentono la comunicazione tra elaboratori connessi in una rete (*Computer network*). Quando la rete è locale ad un singolo edificio o al più ad un gruppo di edifici si definisce rete locale (*LAN Local Area network*) mentre per reti che coprono distanze superiori si parla di rete geografica (*WAN Wide Area Network*). Ovviamente LAN e WAN presentano caratteristiche funzionali diverse e richiedono risorse hardware differenti. Sta emergendo una rete di livello intermedio tra LAN e WAN, si tratta di una rete di dimensioni intermedie detta MAN (*MAN Metropolitan Area Network*).

Modem. Un'altra modalità di comunicazione tra elaboratori è costituita dal modem, un dispositivo che consente di utilizzare una normale linea telefonica come linea di comunicazione dati. In trasmissione il modem svolge la funzione di modulatore codificando il segnale digitale in segnale "acustico", mentre in ricezione svolge la funzione di de-modulatore, riconvertendo il segnale "acustico" in segnale digitale.

Fax. Si tratta di uno strumento di comunicazione da poco tempo disponibile in ambiente personal computer. In realtà non è altro che il dispositivo modem descritto al punto precedente corredato di opportuni programmi di supporto. Da un punto di vista dell'utilizzatore, la disponibilità di un fax integrato nell'hardware e nel software di un elaboratore consente di inviare per fax documenti creati ad esempio con un word processor senza la necessità di stamparli. Inoltre è possibile automatizzare c
attività come l'invio in orari differenziati e l'impiego di indirizzari.

2
Componenti software di un elaboratore

2.1. Il sistema operativo

Il sistema operativo (*OS operating system*) è costituito da un insieme di moduli software che hanno il compito principale di rendere disponibili ad uno o più utenti le risorse di un elaboratore e coordinarne l'utilizzo. H.M.Deitel [2] dà la seguente definizione informale di sistema operativo: "*We view an operating system as the programs, implemented in either software or firmware, that make the hardware usable. Hardware provide raw computing power. Operating systems make this power conveniently available to users*".

Un sistema operativo è primariamente un gestore di risorse, e la risorsa primaria che gestisce è l'hardware dell'elaboratore; inotre implementa ed offre molte funzionalità tra cui: una interfaccia verso l'utente a livello di linguaggio di comandi; una condivisione dell'hardware e del softwar
utenti; schedulazione delle risorse; facilitazioni per l'input e l'output; ripristino della situazione a fronte di errori, ecc. Le risorse chiave gestite dal sistema operativo sono il processore, la memoria, i dispositivi di input/output ed i dati. Il sistema operativo si interfaccia con: i responsabili del sistema stesso, i programmi applicativi, l'hardware, altri sistemi operativi e con gli utenti. Le principali componenti di un sistema operativo sono: il kernel che gestisce i processi e la memoria, l'interprete di comandi (*shell*) che interpreta i comandi digitati dall'utente richiamando i programmi in memoria e connettendoli, la struttura dei dati su disco (*file-system*) ed infine i programmi di utilità che eseguono vari compiti e forniscono funzioni di aiuto nella gestione del sistema. Questa è la struttura dei moderni sistemi operativi, ed in particolare del sistema operativo UNIX, [3]. Questo concetto di sistema operativo si è esteso negli ultimi anni a comprendere anche un insieme di funzionalità di interazione grafica utente-sistema; in particolare vengono oggi considerati come parte integrante del sistema operativo anche gli ambienti grafici a finestre.

2.1.1. Classificazione

I primi elaboratori (1940) erano totalmente privi di sistema operativo. I primi sistemi operativi (1950) furono dei rudimentali strumenti software per coordinare e semplificare il passaggio dall'ersecuzione di un programma all'esecuzione del successivo, denominati sistemi batch. Questi sistemi operativi gestivano il caricamento di sequenze di programmi nella memoria centrale. Durante l'esecuzione ciascun programma disponeva in toto delle risorse dell'elaboratore. Terminata l'esecuzione di un carico batch, il controllo ritornava al sistema operativo. Questa modalità di utilizzo dell'elaboratore venne successivamente ottimizzata con l'avvento dei sistemi operativi multiprogrammati (*multiprogramming*) (1960) evolutisi in sistemi multiprocessing o multitasking. In questi sistemi numerosi programmi utente sono contemporaneamente in memoria centrale ed il processore passa rapidamente dall'esecuzione di uno a quella di un altro. Questa tecnica si dimostra vantaggiosa soprattutto quando un programma accede a risorse di memoria secondaria o a dispositivi di input/output, con velocità notevolmente più basse rispetto alla CPU. In queste situazioni il sistema operativo alloca la CPU ad un altro programma, ottenendo in questo modo un discreto livello di parallelismo tra l'attività di calcolo, cioè uso della CPU, e l'accesso a dischi, stampanti, nastri, ecc..

L'evoluzione successiva si ebbe con i sistemi timesharing (1970)
programmi vengono eseguiti contemporaneamente assegnando a ciascun programma delle "fette di tempo" (*time slice*). La CPU viene riallocata quando il programma che ne era in possesso la rilascia per effettuare un'operazione di input/output oppure ha consumato la "fetta" di tempo assegnatagli. Con questa tecnica tutti i programmi in esecuzione, detti processi (*process*), hanno la garanzia di rientrare in possesso della CPU in un tempo massimo proporzionale al carico dall'elaboratore e non alla natura dei programmi in esecuzione. La CPU diviene pertanto una risorsa che può essere sottratta ad un processo, una risorsa prelazionabile (*preemptible resource*).

2.1.2. Kernel

Il nucleo del sistema operativo (*OS kernel*) si occupa principalmente della gestione dei processi; è una parte piuttosto piccola del sistema tra il 5% ed il 10% dell'intero sistema operativo. Il kernel assolve a due funzioni principali:

Gestione dei processi. Come accennato precedentemente un processo è costituito da un programma in esecuzione e dall'insieme dei dati da questo utilizzati. In un sistema timesharing il tempo di CPU viene distribuito tra i processi in esecuzione garantendo che ciascuno possa disporre comunque di un quantum di tempo. La

CPU viene sottratta dal sistema operativo ad un processo al verificarsi di uno dei seguenti motivi: 1) il processo ha richiesto un'operazione di input/output; 2) il processo ha esaurito la "fetta" di tempo assegnatagli dal sistema operativo. Un processo pertanto può trovarsi in uno dei seguenti stati: 1) stato running, è in possesso della CPU; 2) stato blocked in cui ha rilasciato la CPU ed è in attesa del completamento di un'operazione di input/output; 3) stato ready in cui è pronto per rientrare in possesso della CPU, nel frattempo allocata ad un altro processo.

Gestione della memoria. Anche la gestione della memoria comporta l'intervento del sistema operativo onde evitare che più programmi in esecuzione contemporaneamente possano accedere alle stesse aree di memoria con risultati imprevedibili. Una tecnica per la gestione della memoria molto utilizzata dal sistema operativo per consentire l'utilizzo di parte del disco fisso come se si trattasse della memoria centrale, è la memoria virtuale (*virtual memory*). Questa tecnica comporta un lieve degrado delle prestazioni dell'elaboratore, ma guidata da buoni algoritmi risulta comunque molto vantaggiosa.

2.1.3. Interprete di comandi

L'interprete di comandi, o shell, è l'interfaccia alfa-numerica che il sistema operativo offre all'utente. Una shell è un programma in grado di mandare in esecuzione programmi, di interconnetterli con strumenti come pipe, di ridirigerne l'input e l'output, di eseguire file di comandi (*script*), di gestire e valutare variabili, ecc. Nel sistema UNIX esistono tre shell principali: la shell di sistema, la c-shell e la korn-shell.

2.1.4. File-System

Il file-system è la complessa struttura che organizza lo spazio su disco secondo una gerarchia in cui vengono separati i dati di ciascun utente ed i dati di sistema in sotto strutture dette directory. Gli elementi di queste strutture sono i file ed i link. Gli elementi di un file-system sono:

File. Il file è la struttura base in cui sono organizzati i dati dell'utente e del sistema operativo. Un file occupa una certa area su disco ed è

semplicemente una sequenza di byte[1]; un file può contenere dati, testo o programmi.

Directory. Le directory sono lo strumento principale su cui si basa la gerarchia del file-system. Una directory non è altro che una collezione di file e/o sotto-directory. Le directory consentono di raggruppare insiemi di file con caratteristiche comuni, ad esempio una directory di un utente potrebbe contenere tutti i documenti prodotti con un word-processor, mentre un'altra directory potrebbe contenere tutti i programmi Fortran dello stesso utente. La posizione (*path name*) di una directory nella gerarchia del file-system è data dal cammino, come sequenza di directory, da percorrere per raggiungere la directory cercata partendo da un'altra directory. La path name può essere assoluta (*absolute path name*) e quindi riferirsi al cammino dalla directory più in alto della gerarchia (*root directory*), oppure relativa (*relative path name*) e riferirsi al cammino dalla directory corrente (*current directory*). Usualmente, nei sistemi UNIX ciascun utente possiede una propria directory (*home directory*) di lavoro dove conservare i propri file di dati ed i programmi personali; questa directory può anche contenere delle sotto directory con altri file ed altre directory in funzione delle scelte ed esigenze dell'utente.

Link. I link sono sostanzialmente degli alias, cioè dei nomi alternativi con cui accedere ai medesimi dati o programmi. Con un link è possibile ad esempio avere una copia nella propria directory di un programma o di un file di dati senza duplicarlo, semplicemente indicando al sistema operativo che lo stesso programma verrà riferito con due differenti nomi. Per il sistema UNIX entrambi i nomi sono paritari, per altri sistemi operativi uno rimane il vero nome e l'altro è semplicemente un riferimento.

2.1.5. Utilities

I programmi di utilità (*utilities*), sono un insieme molto vario di programmi forniti con il sistema operativo per le più disparate attività, come: editing, impaginazione di testi, posta elettronica (*e-mail*), gestione della manualistica, debugger,

---

([1]) In alcuni sistemi operativi, quali il sistema Finder e Windows NT, un file è costituito anche da un insieme di informazioni ausiliarie utilizzate dal sistema operativo stesso e/o dall'utente.

compilatori (*compiler*) ed interpreti (*interpreter*) di linguaggi di programmazione, gestione e manutenzione del sistema e degli utenti accreditati (*account*).

2.1.6. Interfacce grafiche a finestre

Un elemento che recentemente si è aggiunto alla configurazione base di quasi tutti i sistemi operativi è il sistema a finestre (*window system*) che costituisce l'interfaccia grafica tra l'utente, il sistema operativo ed i programmi presenti null'elaboratore. Questo tipo di interfacce sono denominate GUI (*Graphical User Interface*). Solo recentemente si è assistito ad un processo di standardizzazione delle interfacce utente; questo processo è legato all'emergere sul mercato di due alternative principali: le interfacce grafiche interattive per il mondo UNIX basate sul sistema X-Window e le interfacce grafiche interattive per il mondo dei personal computer basate sul prodotto di Microsoft conosciuto come MS-Windows [4].

I sistemi a finestre si basano sulla metafora del piano della scrivania (*desktop*) per rendere più intuitivo, anche ad utenti privi di esperienze, l'utilizzo dell'elaboratore. In questa metafora l'intero schermo dell'elaboratore rappresenta il piano della scrivania mentre le finestre corrispondono ai fogli di lavoro posti sula scrivania. Analogamente a come si spostano e riordinano i fogli sulla scrivania è possibile spostare e riordinare le finestre sullo schermo. Questa metafora si è dimostrata molto efficace ed è stata, pertanto, adottata da tutti i sistemi a finestre. I sistemi a finestre sono lo strumento migliore di interfaccia utente dei sistemi operativi multitasking; infatti ciascun processo del sistema operativo può disporre di un proprio schermo virtuale, una finestra, su cui inviare l'output e da cui ricevere l'input. In questo modo più processi possono colloquiare con l'utente senza che i loro messaggi vadano a sovrapporsi così come succedeva utilizzando i tradizionali terminali alfa-numerici.

I sistemi a finestre si propongono inoltre come strumenti standard di interfaccia tra l'applicazione ed i dispositivi grafici. In tale modo l'applicazione non deve conoscere le caratteristiche del dispositivo grafico di visualizzazione o di stampa. Tutti i meccanismi di controllo dei dispositivi grafici e dei dispositivi di input sono gestiti e risolti dal sistema a finestre. Queste caratteristiche rendono facilmente trasportabili le applicazioni da un elaboratore ad un altro anche in presenza di caratteristiche profondamente differenti, purchè entrambi offrano lo stesso sistema a finestre.

I sistemi a finestre presentano due interfacce: un'interfaccia utente rivolta all'utente finale del sistema ed un'interfaccia applicativa rivolta agli sviluppatori software per la creazione di applicazioni che ne utilizzano le funzionalità.

2.1.6.1. Operazioni sulle finestre

Per quanto i vari sistemi a finestre possano apparire differenti, è facile osservare che tutti presentano un nucleo comune di funzionalità. Tale nucleo comprende le principali operazioni sulle finestre quali la creazione o apertura, la chiusura, la riduzione ad una dimensione minimale, l'ingrandimento fino alla massima dimensione, lo spostamento, il ridimensionamento ed il cambiamento dell'ordine di sovrapposizione. Queste operazioni sono solitamente rese disponibili come servizi del sistema software di gestione delle finestre (*window manager*) in due modalità: all'utente finale per mezzo dei pulsanti grafici attivabili mediante i dispositivi di input ed alle applicazioni mediante una libreria di funzioni richiamabili da programma. Le principali operazioni sulle finestre sono:

Creazione-apertura. Per quanto fondamentale, l'operazione di apertura di una nuova finestra (*create window*) non viene mai richiesta al gestore di finestre direttamente dall'utente ma viene usualmente richiesta da un programma. Infatti tale operazione non ha significato se non nel contesto di una applicazione. L'apertura di una nuova finestra è sempre legata all'utilizzo di una applicazione: visualizzazione di un documento modificato con un editor, visualizzazione di un disegno gestito da un sistema CAD, visualizzazione di una schermata generata dalla simulazione di un terminale, ecc. L'apertura di una nuova finestra crea un nuovo oggetto grafico che appartiene all'applicazione che ne ha fatto richiesta. Una volta creata, la finestra viene inserita nella lista delle finestre aperte e diviene disponibile all'utente per essere modificata per mezzo delle altre operazioni ed all'applicazione per la visualizzazione di testo, grafica, ecc.

Chiusura. La chiusura di una finestra (*close window*) corrisponde alla distruzione di un oggetto grafico presente sullo schermo. La chiusura di una finestra è usualmente in corrispondenza con operazioni a livello di applicazione: ad esempio in un programma per l'editing di testi la chiusura di una finestra corrisponde alla chiusura del documento visualizzato al suo interno; in un programma che emula un terminale alfa-numerico la chiusura di una finestra corrisponde alla chiusura della sessione di lavoro intrapresa con quel terminale, ecc. La chiusura di una finestra può utente, ad esempio per chiudere il documento visualizzato, oppure può essere determinata dall'applicazione stessa; ogni applicazione quando termina richiude tutte le proprie finestre ancora aperte.

Posizionamento in superficie. L'operazione di posizionamento in superfice, o pop (*pop window*), consiste nel portare una finestra al di sopra di tutte le altre rendendola integralmente visibile. Questa operazione può variare nella sua implementazione nei differenti ambienti a finestre; è usualmente attivata dall'utente e raramente

Posizionamento in sottofondo. L'operazione di posizionamento in profondità, o push (*push window*), è l'operazione opposta dell'operazione di pop. Questa operazione consente all'utente di portare in fondo alla pila delle finestre visibili sullo schermo la finestra selezionata, è così possibile portare l'attenzione da una finestra all'altra senza alterarne le dimensioni ma semplicemente cambiando l'ordine o la profondità con cui queste sono organizzate sullo schermo.

Ridimensionamento. L'operazione di ridimensionamento di una finestra, o resize (*resize window*), consiste nel modificare la dimensione di una finestra. Purtroppo non tutti i programmi supportano pienamente questa operazione, infatti molti programmi che sono nati in ambienti grafici non a finestre non hanno ancora acquisito la necessaria flessibilità per gestire una finestra le cui dimensioni possono mutare a piacere dell'utente mentre il programma è in esecuzione. In questi casi si ottengono sullo schermo dei risultati non propriamente soddisfacenti, dal punto di vista visivo.

Iconizzazione. La possibilità di ridurre una finestra ad una dimensione minimale, o iconizzazione (*iconify/minimize window*), consente all'utente di organizzare meglio il proprio spazio di lavoro sullo schermo tenendo d'occhio tutte le applicazioni ed i documenti o i dati presenti senza per questo subire un eccessivo affollamento di finestre. Corrispondentemente all'operazione di iconizzazione i sistemi a finestre offrono anche l'operazione contraria che ritrasforma un'icona in finestra ripristinando posizione e dimensioni originali. Le icone vengono usualmente allineate dal window manager ai lati dello schermo. Si noti che la riduzione ad icona di una finestra non interrompe il corrispondente programma, che continua ad essere eseguito.

Massimizzazione. L'operazione di massimizzazione della finestra, o maximize (*maximize window*), ridimensiona una finestra così da farle occupare tutta l'area dello schermo disponibile. Questa operazione consente all'utente di concentrare la propria attenzione

su di un unico documento o applicazione utilizzando integralmente le capacità grafiche, in termini di risoluzione, offerte dall'elaboratore utilizzato

2.2. I principali ambienti a finestre

Tra i numerosi sistemi a finestre apparsi in ambito accademico e sul mercato negli anni recenti, solamente alcuni sono sopravvissuti e si sono affermati con una sufficiente diffusione. Le ragioni che hanno guidato questa selezione sono spesso legate maggiormente a considerazioni di tipo commerciale che non tecnico. I sistemi presentati nel seguito di questo capitolo, non sono in realtà sistemi funzionalmente analoghi. Innanzi tutto è necessario mettere in evidenza che in ambiente UNIX le funzioni di base del sistema operativo e le funzioni di gestione delle finestre sono totalmente distinte, sia per motivi di modularità del software che per motivi storici; infatti i sistemi a finestre sono una evoluzione relativamente recente delle tecniche di interfacciamento tra sistema ed utente, mentre il sistema operativo UNIX è nato in tempi più remoti. Nel caso del sistema operativo Finder, utilizzato dai computer Macintosh, sistema operativo e sistema a finestre sono totalmente integrati ed in alcun modo separabili. Il caso del sistema MS-Windows, utilizzato ampiamente nei personal computer, è maggiormente complesso; infatti si tratta di un sistema a finestre che opera sopra un sistema operativo, MS-DOS, senza alcuna integrazione tra i due. In questo caso non è possibile parlare di sistema a finestre puro in quanto MS-Windows ingloba al suo interno funzionalità che vanno ben oltre la semplice gestione delle finestre e rimpiazzano ampiamente alcune delle funzionalità del sistema ospite, cioè MS-DOS.

Si distinguono le seguenti categorie di ambienti a finestre:

Window system. Sono sistemi per la gestione di finestre che si appoggiano ad un sistema operativo indipendente e distinto. Compito di questi sistemi è la gestione di aree grafiche rettangolari variamente ridimensionabili e sovrapponibili e la gestione di tutti gli eventi generati dai dispositivi di input e di puntamento. I window system non sono utilizzabili direttamente dall'utente ma offrono piuttosto un ambiente configurabile e programmabile che può essere adeguatamente controllato da un altro programma software appartenente alla categoria dei window manager.

Window manager. Sono sistemi che fanno da intermediario tra window system ed utente offrendo strumenti grafici grafici di interazione quali pulsanti, menù, cornici, scroll-bar, ecc. E' il window manager che definisce l'aspetto delle interfacce utente e che individua i meccanismi di interazione rimappando gli eventi di

basso livello rilevati dai dispositivi di input e di puntamento, come ad esempio pressione del tasto di sinistra del mouse, eventi logici di alto livello come ad esempio selezione della finestra X.

Sistemi a finestre integrati. In questi sistemi non esiste una sostanziale distinzione tra window system e window manager ma tutte le funzionalità sono concentrate in un unico sistema software. Questo approccio semplifica la struttura software ma limita significativamente le possibilità di configurazione dell'ambiente.

Sistemi operativi a finestre. In questa categoria il livello di integrazione è ulteriormente spinto: sistema operativo, window system e window manager sono moduli così fortemente legati da non potere essere distinti.

2.2.1. MS-Windows

MS-Windows, [4], meglio conosciuto semplicemente come Windows, costituisce ad oggi l'ambiente a finestre in assoluto più diffuso grazie alla disponibilità in ambiente MS-DOS ed alla quasi completa compatibilità con tutti i programmi per questo sistema operativo. Si tratta di un sistema che integra in un unico strumento window system, window manager ed alcune funzionalità tipiche di un sistema operativo. Le caratteristiche tecniche di questo sistema non sono di particolare rilievo, ma esso è da prendere in considerazione per la sua enorme diffusione.

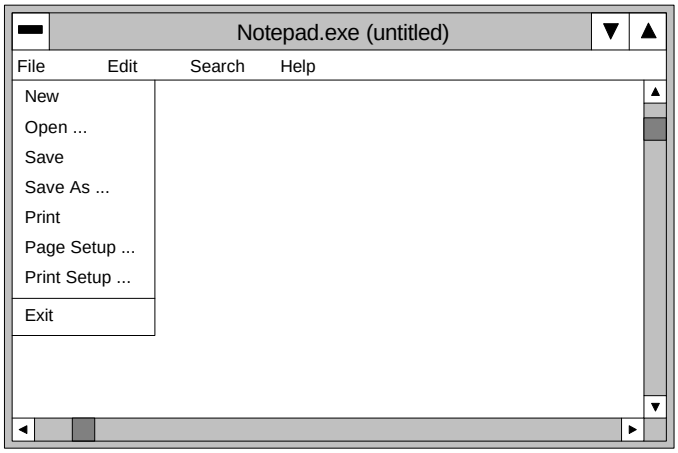


Figura 2.2: Una semplice applicazione, Notepad, in MS-Windows.

L’evoluzione di questo sistema è volta verso una sempre maggiore caratterizzazione come vero e proprio sistema operativo a scapito dell’ormai obsoleto MS-DOS ed in direzione di una forte integrazione in reti locali.

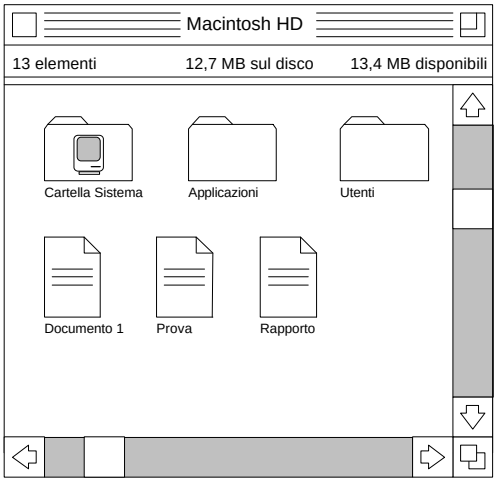


Figura 2.4: Una tipica cartelletta in ambiente Macintosh-Finder.

2.2.2. Finder

Finder non è solamente un ambiente grafico a finestre ma un completo sistema operativo per personal computer interamente basato su meccanismi di interazione con l’utente a finestre.

Storicamente è stato il primo sistema a finestre a raggiungere una diffusione di un certo rilievo. Per le caratteristiche di facilità d'uso ed intuitività viene considerato come il sistema di riferimento nello sviluppo dei sistemi a finestre. Finder costituisce il sistema operativo e l’interfaccia grafica, la sola disponibile, dei personal computer Macintosh prodotti da Apple Computer.

2.2.3. X-Window

X-Window costituisce, in ambiente UNIX, uno standard grafico a finestre multi piattaforma con caratteristiche che rendono possibile la realizzazione di applicazioni con elaborazione grafica distribuita. X-Window è un window system puro, cioè un sistema per la gestione di finestre che non si occupa di offrire all’utente degli strumenti di interazione diretta con le finestre ma delega questo compito ad un altro strumento software: il window manager. X-Window è uno strumento software sostanzialmente indipendente dal sistema operativo, sono

infatti disponibili implementazioni di X-Window anche in ambienti non UNIX come ad esempio, DEC VMS e MS-DOS.

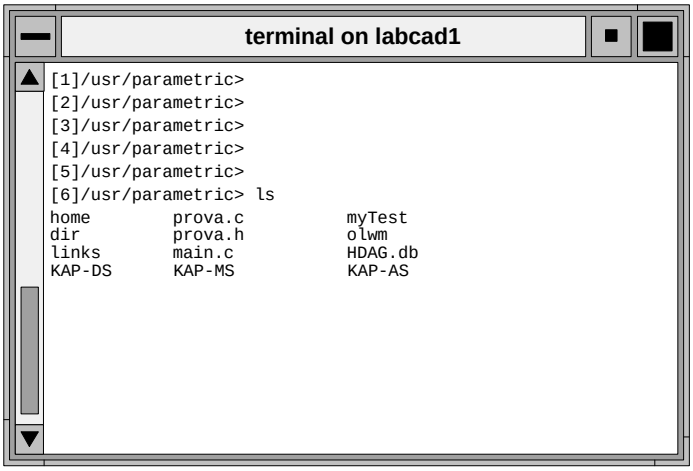


Figura 2.6: Un emulatore di terminale in ambiente X-Window con OSF/Motif .

2.2.4. OSF/Motif

OSF/Motif costituisce il window system di riferimento in campo di standardizzazione, [5] [6]. Si tratta di un programma che opera da intermediario tra l'utente ed il window system, in questo caso X-Window. OSF/Motif consente all'utente di interagire con la disposizione e dimensione delle finestre e fornisce inoltre degli strumenti di sviluppo nonché linee guida per lo sviluppo di interfacce utenti basate su pulsanti grafici, menù a tendina, e menù popup. Essendo basato su X-Window, anche OSF/Motif è disponibile su varie piattaforme software.

2.2.5. Open Look

Open Look (Sun Microsystems) rappresenta il corrispondente, in ambiente Sun, di OSF/Motif. Benché l'aspetto di una stazione di lavoro che utilizza Open Look sia decisamente dall'aspetto di una stazione che impiega OSF/Motif, le funzionalità dei due ambienti sono analoghe, tanto che è possibile sostituire un window manager senza alcun problema, [7].

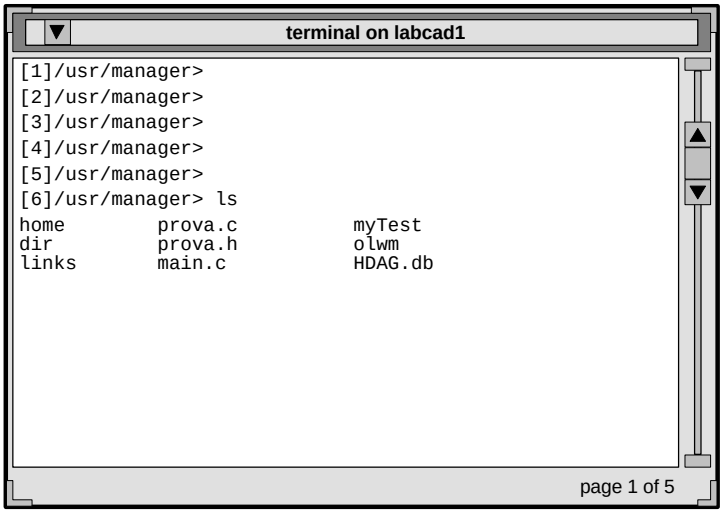


Figura 2.8: Un emulatore di terminale in ambiente X-Window con Open Look.

3
Utilizzo dell’elaboratore

Il pieno utilizzo di un elaboratore presuppone la capacità di impartire all’elaboratore dei comandi e di utilizzare i risultati ottenuti. In questo capitolo vengono fornite alcune nozioni di base per l’utilizzo di un elaboratore ed i principali comandi dei due sistemi operativi maggiormente diffusi: MS-DOS, il sistema operativo tipico dei personal computer [8], e UNIX, il sistema operativo maggiormente utilizzato per gli elaboratori di tipo workstation.

3.1. Attivare una sessione di lavoro

Come descritto nei capitoli precedenti, alcuni sistemi operativi sono rivolti ad un uso strettamente personale e conseguentemente non dispongono di alcuna forma di protezione software o hardware dei dati contenuti sui dischi; è questo il caso del sistema operativo MS-DOS. Negli elaboratori con questo sistema operativo, per connettersi è sufficiente accendere il computer ed attendere alcuni secondi nel corso dei quali il computer effettua alcune operazioni di auto verifica hardware (*self-test*) e di caricamento del sistema operativo. Terminata questa breve fase il sistema operativo è pronto ad accettare i comandi da noi impartiti.

Nei sistemi operativi, come ad esempio UNIX, finalizzati ad un utilizzo contemporaneo da parte di più utenti e che garantiscono la sicurezza e riservatezza dei dati, l'accesso è regolamentato e controllato per mezzo di opportuni strumenti software. In questi sistemi operativi le fasi di accensione ed avvio del sistema sono solitamente effettuate da un operatore responsabile della gestione dell’elaboratore; queste fasi comprendono il caricamento del sistema operativo (*booting phase*) che può durare anche alcuni minuti. L'utente medio trova usualmente l'elaboratore acceso e pronto per l'attivazione di una sessione di lavoro. Usualmente il sistema si presenta richiedendo all’utente di presentarsi, cioè di fornire un nome od identificatore conosciuto ed una parola d'ordine (*password*) che dimostri la veridicità del nome fornito. La fase di identificazione dell’utente è detta fase di *login*. In questa fase il sistema verifica se nella propria base dati è registrato un utente con il nome indicato a cui corrisponde la parola d’ordine segreta inserita. Se questa verifica ha successo il sistema dopo alcune operazioni attiva una sessione di

lavoro e si predispone ad accettare comandi dall'utente con un interprete di comandi.

3.2. Il prompt ed il cursore

Il prompt è un'etichetta costituita da uno o più caratteri che l'interprete di comandi, la shell, visualizza all'inizio di una linea di testo per indicare la disponibilità ad accettare e ad eseguire un comando. Il comando digitato dall'utente viene visualizzato sulla linea del prompt, usualmente allineato sulla sinistra. Solo quando è terminata l'esecuzione del comando ricompare un nuovo prompt, ad indicare la disponibilità della shell ad eseguire nuove operazioni. Il prompt può essere personalizzato con appositi comandi di sistema.

Nei terminali alfa-numerici e nelle finestre che emulano uno di questi terminali il cursore (*cursor*) è costituito da un rettangolo o da una barretta lampeggiante ed indica sullo schermo la posizione in cui sta avvenendo l'input, cioè il punto in cui vengono "raccolti" i caratteri digitati dall'utente a formare un comando. In alcune GUI, come MS-Windows, OSF/Motif, Open Look, ecc., sono presenti due cursori, uno che indica il punto corrente di input alfa-numerico (*keyboard focus*) ed uno grafico avente forma di freccia che indica la posizione corrente del dispositivo di puntamento con cui selezionare gli elementi della GUI, quali pulsanti, menù, barre di scorrimento ecc. In altre GUI, come ad esempio Finder, il cursore è unico ed assume una delle due differenti forme in funzione dell'area in cui è posizionato.

3.3. Uso dell'interprete di comandi

L'interprete di comandi (*shell*) è lo strumento principale utilizzato per impartire comandi all'elaboratore. I comandi, per mezzo di programmi o sottoprogrammi, eseguono specifiche operazioni. Gran parte dei comandi offerti dalle shell operano sugli oggetti del file-system eseguendo operazioni di creazione, cancellazione, copia, ecc.; vi sono poi comandi per gestire i dispositivi di memorizzazione e stampa quali dischi, plotter, stampanti, ecc.; i comandi per la gestione e l'utilizzo della rete ed infine i comandi per lo sviluppo di software, quali compilatori, linker, debugger ecc. I comandi hanno usualmente una sintassi del tipo:

```
<commando> [<opzioni>](1) <argomento 1>...<argomento N>
```

Le opzioni controllano le modalità con cui opera il comando. La sintassi delle shell tipiche del sistema operativo UNIX, prevede che le opzioni siano precedute da un

(1) Le parentesi quadre, utilizzate nella sintassi dei comandi, indicano la presenza opzionale degli elementi racchiusi.

trattino come ad esempio `-l -r`, mentre la sintassi dell'interprete di comandi del sistema MS-DOS richiede che le opzioni siano precedute dalla barra, come ad esempio `/p /h`. Il nome del comando, le opzioni e gli argomenti, per essere correttamente interpretati dalla shell, devono essere separati da uno o più spazi.

Il sistema operativo UNIX offre più interpreti di comandi, così che ciascun utente può scegliere quello che meglio si adatta alle proprie esigenze. Il sistema operativo MS-DOS offre invece un unico interprete di comandi.

3.4. Terminare una sessione di lavoro

Nei sistemi MS-DOS per terminare la sessione di lavoro è sufficiente uscire dal programma in uso e quindi spegnere il computer.

Per elaboratori con sistema operativo UNIX, nel terminare la sessione di lavoro si distinguono due operazioni differenti: la chiusura della sessione di lavoro e lo spegnimento dell'elaboratore. La chiusura della sessione di lavoro corrisponde alla terminazione della connessione. A questo scopo UNIX fornisce un apposito comando, il comando di `logout`; in alcuni sistemi l'utente può alternativamente selezionare il comando di chiusura dal menù di sfondo dell'ambiente a finestre.

L'operazione di spegnimento dell'elaboratore richiede invece una sequenza più complessa di comandi, attivabili solo dal gestore del sistema o da persone autorizzate.

3.5. Rassegna dei principali comandi

Le moderne interfacce utente rendono sempre più facile l'utilizzo degli elaboratori e non richiedono più all'utente la memorizzazione di strani comandi con sintassi contorte ed a lui estranee. Sempre più numerose sono le operazioni che possono essere effettuate anche da un neofita direttamente con il mouse senza l'impiego della tastiera. E' comunque bene conoscere quali sono le operazioni principali che supportate da un sistema operativo e quali sono i principali comandi delle shell che li attivano.

3.5.1. Esecuzione di un programma

All'interno di una shell, l'esecuzione di un programma viene scatenata semplicemente dalla digitazione del nome seguito dagli argomenti richiesti. Nella shell del sistema MS-DOS i programmi vengono eseguiti in modalità strettamente sequenziale, cioè un nuovo programma può essere caricato in memoria ed eseguito solo dopo la terminazione del programma precedente. Nel sistema UNIX un

programma può essere eseguito in background, cioè parallelamente ad altri facendo seguire il corrispondente comando dal carattere “&”.

Nei sistemi a finestre l'attivazione di un programma può essere scatenata anche in altri modi: ad esempio, selezionando con il mouse opportune icone, il sistema a finestre manda in esecuzione i programmi a queste associati; se l'icona è associata non ad un programma ma ad un documento allora il sistema a finestre manda in esecuzione il programma che ha generato il documento in modo che carichi automaticamente il documento selezionato.

3.5.2. Comandi che operano su directory

Nel seguito vengono presentati alcuni comandi che consentono ad un utente di organizzare il proprio spazio su disco, creando, cancellando e visualizzando il contenuto di directory.

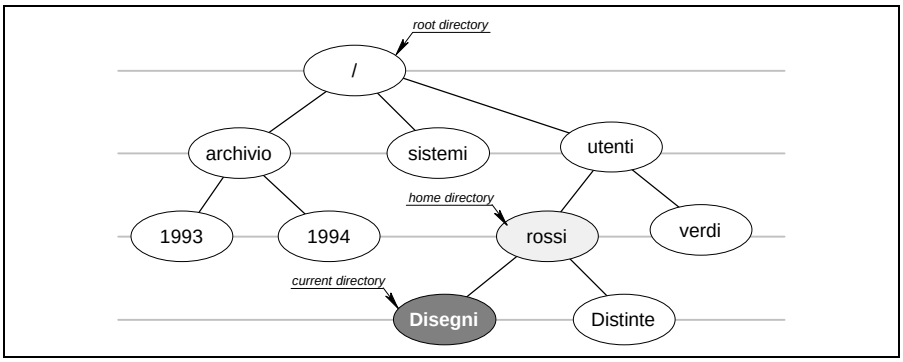


Figura 3.2: La struttura delle directory in un file-system.

Nel sistema UNIX le directory che compongono una path name sono separate dal carattere “/” mentre nel sistema MS-DOS, [8], sono separate dal carattere “\”. La gestione di directory si basa sulle seguenti operazioni:

Visualizzazione della directory corrente. I due sistemi, UNIX ed MS-DOS, implementano il concetto di directory corrente (*current directory*). La directory corrente corrisponde al punto della struttura logica del disco, il file-system, in cui si trova l'utente ed in cui sta operando. Il concetto di directory corrente è molto utile all’utente in quanto consente di riferire gli oggetti del file-system utilizzando le brevi path-name relative senza ricorrere alle logorroiche path-name assolute.
La Tabella 3.1 illustra i comandi per visualizzare la directory corrente per entrambi i sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`pwd`	Print Working Dir
MS-DOS	`cd`	Current/Change Dir

Tabella 3.1

Cambio della directory corrente. La nozione di directory si basa anche su di un comando che consenta all'utente di spostarsi in un'altra directory che diviene quindi la nuova directory corrente. In questo, come in tutti i comandi riconosciuti dalle principali shell, è possibile riferire la directory corrente con il carattere "." e la directory padre della directory corrente con i caratteri "..". Questa convenzione viene utilizzata soprattutto nella composizione delle path-name relative. Poiché la struttura del file-system è una struttura gerarchica ad albero, per muoversi da una directory ad un'altra è necessario risalire dalla directory di partenza alla directory antenato comune di entrambe e quindi ridiscendere nella directory destinazione.

Se consideriamo l'esempio di file-system UNIX in Figura 3.2, osserviamo che l'utente si trova nella directory `/usr/utenti/rossi/Disegni`, che è quindi directory corrente, mentre la sua home directory, quella in cui è stato collocato al momento della login è `/usr/utenti/rossi`. Per portarsi nella directory `verdi` potrà utilizzare la path name assoluta con il comando `cd /usr/utenti/verdi`, oppure la path name relativa con il comando `cd ../../verdi`.

La Tabella 3.3 illustra i comandi il cambio della directory corrente per i due sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`cd <dir>` `cd`	Change/Current Dir Change to home Dir
MS-DOS	`cd <dir>`	Change/Current Dir

Tabella 3.3

Creazione di una directory. L'utente può estendere la gerarchia di file e directory del file-system creando nuove directory in cui disporre file ed altre directory. La Tabella 3.5 illustra i corrispondenti comandi nei due sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`mkdir <dir>`	MaKe DIRectory
MS-DOS	`md <dir>` `mkdir <dir>`	Make Directory MaKe DIRectory

Tabella 3.5

Visualizzazione del contenuto di una directory. La gestione di una gerarchia di directory ed il suo utilizzo richiedono la possibilità di visualizzare il contenuto di una directory per verificare quali file e sotto-directory vi siano contenute. La Tabella 3.7 illustra i comandi per conoscere l'elenco dei file e delle sotto-directory contenute nella directory scelta, per i due sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`ls -l <dir>`	LiSt directory
MS-DOS	`dir <dir>` `dir`	list DIRectory list current DIR

Tabella 3.7

Cancellazione di una directory. Nei sistemi UNIX e MS-DOS è possibile cancellare una directory solamente quando questa è vuota, cioè non contiene sotto-directory o file. La Tabella 3.9 illustra i comandi per cancellare una directory per i due sistemi operativi. Il sistema MS-DOS differenzia tra il comando per cancellare una directory vuota (`rd/rmdir`) e quello per cancellare una directory con file e sotto-directory (`deltree`).

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`rmdir <dir>`	ReMove DIR.

MS-DOS	`rd <dir>`
	`rmdir <dir>`
	`deltree <dir>`
		Remove Dir
		ReMove dir
		DELete TREE

Tabella 3.9

Copia di una directory. Spesso è necessario duplicare i propri dati per conservarne delle copie di sicurezza o per creare delle varianti. Il sistema operativo MS-DOS non offre la possibilità di duplicare una intera directory, ma richiede all'utente di creare prima la nuova directory e di copiarvi successivamente tutti i file. Nel sistema UNIX è invece possibile eseguire questa operazione con un unico comando. La Tabella 3.11 illustra il comando per copiare una directory per il sistema operativo UNIX; gli argomenti vengono interpretati come: *effettua una copia di* `<d1>` *di nome* `<d2>`.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`cp -R <d1> <d2>`	CoPy directory
MS-DOS	-	non disponibile

Tabella 3.11

Ridenominazione/spostamento di una directory. Un altro utile comando offre la possibilità di assegnare un nuovo nome ad una directory esistente. Se il nuovo nome è riferito alla medesima directory, come nel caso di *assegna alla directory* `/usr/docs` *il nuovo nome* `/usr/docs.old`, il sistema operativo ridenomina la directory; se il nuovo nome è invece riferito ad una differente directory, come nel caso di *assegna alla directory* `/usr/docs` *il nuovo nome* `/usr/rossi/docs.old`, l'operazione corrispondente è quella di spostare la directory. Gli argomenti vengono interpretati come: *assegna alla directory* `<d1>` *il nuovo nome* `<d2>`. La Tabella 3.13 illustra i comandi corrispondenti per i due sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`mv <d1> <d2>`	MoVe directory
MS-DOS	`ren <d1> <d2>` `rename <d1> <d2>`	REName dir. RENAME dir.

Tabella 3.13

3.5.3. Comandi che operano su file

I sistemi operativi dispongono anche di numerosi comandi per gestire i dati a livello di singolo file, tra questi i comandi per copiare un file, stamparlo, ridenominarlo, spostarlo da una directory ad un'altra, ecc. Le operazioni basilari su file sono le seguenti:

Visualizzazione del contenuto di un file. Usualmente il contenuto di un file è visualizzato per mezzo dell'applicazione che lo ha generato; ad esempio per le applicazioni CAD l'unica possibilità che ha l'utente di visionare il contenuto di un file corrispondente ad un disegno consiste nell'attivare l'applicazione CAD e, all'interno di questa, caricare il file. Il sistema operativo offre dei comandi di visualizzazione dei file adatti solamente per file di semplice testo. La Tabella 3.15 illustra questi comandi per i due sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico

UNIX	`cat <file>`
	`more <file>`
	`pg <file>`
		conCATenate file
		MORE file(2)
		PaGinate file(3)

MS-DOS	`type <file>` `more <file>`	TYPE file MORE file

Tabella 3.15

Cancellazione di un file. Un altro comando fondamentale è il comando per la cancellazione di uno o più file. Nel sistema MS-DOS è disponibile il comando `undelete` che consente, in alcuni casi, di ripristinare i file erroneamente cancellati; nel sistema UNIX questa possibilità non esiste, pertanto quando un file è stato cancellato il suo contenuto è irrimediabilmente perduto. La Tabella 3.17 illustra i comandi per cancellare un file per i due sistemi operativi.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`rm <file>`	ReMove file
MS-DOS	`del <file>` `erase <file>`	DELete file ERASE file

Tabella 3.17

Copia di un file. La copia di un file è un'operazione molto frequente nell'utilizzo di una shell di comandi. La copia di un file è effettuata da un comando che richiede due argomenti il cui significato è il seguente: *copia il file* `<f1>` *nel file* `<f2>`. Si consiglia di verificare, prima di impartire il comando, che non esista nessun file di nome `<f2>`, perché verrebbe rimpiazzato con una copia di `<f1>`. La Tabella 3.19 illustra i corrispondenti comandi per entrambi i sistemi operativi UNIX ed MS-DOS.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`cp <f1> <f2>`	CoPy file
MS-DOS	`copy <f1> <f2>`	COPY file

Tabella 3.19

Ridenominazione/spostamento di un file. Anche per i file come per le directory è possibile modificare il nome. Il comando di

(2) Comando presente pricipalmente nelle versioni Berkley, di UNIX.

(3) Comando presente principalmente nelle versioni SYS V di UNIX.

ridenominazione/spostamento accetta due argomenti il cui significato è il seguente: *assegna al file <f1> il nuovo nome <f2>*. La Tabella 3.21 illustra i comandi corrispondenti.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`mv <f1> <f2>`	MoVe file
MS-DOS	`ren <f1> <f2>` `rename <f1> <f2>`	REName file RENAME file

Tabella 3.21

3.5.4. Comandi che operano su link

I link simbolici sono dei meccanismi per disporre di più sinonimi, o alias, per un unico file o directory. Sono molto comodi per poter disporre dello stesso programma o degli stessi dati in directory diverse senza duplicare i dati. Il sistema operativo MS-DOS non offre alcuna possibilità di creare e gestire link simbolici. Le operazioni di fondamentali sui link sono:

Creazione di un link. La creazione di un link simbolico è un'operazione non molto frequente ma che è bene conoscere. La Tabella 3.23 illustra il comando per creare un link nel sistema operativo UNIX. Il significato del comando, nella sintassi indicata, è il seguente: *crea un link al file/directory <f1> così che sia possibile accedervi anche con il nome <f2>*.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`ln -s <f1> <f2>`	make LiNk

Tabella 3.23

Visualizzazione e risoluzione di un link. Visualizzare un link significa visualizzarne il nome ed indicare a quale oggetto file/directory è riferito. Il corrispondente comando visualizza tutti i link di una directory. La Tabella 3.25 illustra comando e sintassi per visualizzare un link e la sua risoluzione nel sistema operativo UNIX.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`ls -l [<dir>]`	LiSt dir link

Tabella 3.25

Cancellare un link. La cancellazione di un link non cancella fisicamente i dati ma rimuove semplicemente la possibilità di accedervi tramite

il sinonimo offerto dal link. La Tabella 3.27 illustra comando e sintassi per cancellare un link nel sistema operativo UNIX.

O.S.	Comando	Mnemonico
UNIX	`rm <link>`	ReMove link

Tabella 3.27

3.5.5. Tabelle riassuntive dei principali comandi

Le tabelle seguenti illustrano comandi e sintassi dei comandi relativi alle operazioni fondamentali nella gestione del file-system per i sistemi operativi UNIX ed MS-DOS. La Tabella 3.33 riassume i comandi che operano su directory; la Tabella 3.31 riassume i comandi che operano su link; infine la Tabella 3.29 riassume i comandi che operano su file. Per ulteriori informazioni più dettagliate sull'uso, la sintassi e le opzioni dei comandi descritti si consiglia l'utilizzo degli strumenti di aiuto (*help*) disponibili in linea su tutti gli elaboratori. Nel sistema operativo MS-DOS utilizzare il comando `help` seguito dal nome del comando di cui si desiderino avere informazioni, in ambiente UNIX utilizzare il comando `man` chepresenta una sintassi simile.

FILE	MS-DOS	UNIX

visualizzazione	`type <file>`
	`more <file>`
		`cat <file>`
		`more <file>`
		`pg <file>`

cancellazione	`del <file>` `erase <file>`	`rm <file>`
copia	`copy <f1> <f2>`	`cp <f1> <f2>`
ridenominazione	`rename <f1> <f2>` `ren <f1> <f2>`	`mv <f1> <f2>`

Tabella 3.29

LINK	UNIX
creazione	`ln -s <file> <n>`
visualizzazione	`ls -la`
cancellazione	`rm <link>`

Tabella 3.31

DIRECTORY	UNIX	MS-DOS
directory corrente	`pwd`	`cd`
cambio directory	`cd <dir>`	`cd <dir>`
creazione directory	`mkdir <dir>`	`mkdir <dir>` `md <dir>`
visualizzazione	`ls [<dir>]`	`dir [<dir>]`
cancellazione (se vuota)	`rmdir <dir>`	`rmdir <dir>` `rd <dir>`
copia	`cp -r <d1> <d2>`	`-`
ridenominazione	`mv <d1> <d2>`	`rename <d1><d2>` `ren <d1> <d2>`

Tabella 3.33

4
Sistemi CAD per il disegno

4.1. I sistemi CAD

I sistemi CAD sono nati con l'intento di fornire un supporto al progettista ed automatizzare, almeno in parte, la complessa attività di progettazione. In realtà questo obiettivo si è rivelato più complesso di quanto non ci si attendesse ed ancora oggi, dopo numerosi anni di evoluzione, i sistemi CAD supportano e/o automatizzano solo una parte delle numerose e complesse attività della progettazione. Comune a tutti i sistemi CAD è il supporto all'attività di disegnazione, la fase della progettazione meglio codificata, grazie al disegno tecnico, e più facilmente modellabile con le tecnologie e risorse informatiche disponibili. Le altre attività di progettazione sono invece supportate solamente da alcuni sistemi CAD ed usualmente richiedono un impiego di risorse maggiore.

Tra i sistemi CAD oggi esistenti si individuano sostanzialmente due categorie:

Sistemi di Computer Aided Drafting (*Disegno Assistito da Elaboratore*). Sono sistemi funzionalmente analoghi al tradizionale tecnigrafo che dunque supportano primariamente le attività di disegno (*drafting*); consentono di realizzare disegni automatizzando le fasi del disegno maggiormente ripetitive, migliorando ed uniformando la qualità ed integrando le tecnologie informatiche nella classificazione ed archiviazione della documentazione tecnica. Esempi di sistemi CAD che rientrano in questa categoria sono: AutoCAD base (AutoDesk), GBG DraftMaker (Cad.Lab), Personal Designer (ComputerVision), Vellum 2D (Ashlar), ecc.

Sistemi di Computer Aided Design (*Progettazione Assistita da Elaboratore*). Sono sistemi di supporto alla progettazione (*design*) che assistono il progettista in alcune tra le numerose fasi della progettazione: ideazione, sketching, dimensionamento di massima, verifica funzionale, definizione dettagliata, analisi strutturale, progettazione del processo produttivo, ecc. Esempi di sistemi CAD che rientrano in questa categoria sono:

AutoCAD AME (AutoDesk), Eureka (Cad.Lab), I-DEAS (S.D.R.C.), Unigraphics (E.D.S.), Pro-Engineer (Parametric Technologies Corp.), Euclid (Matra Datavision), Microstation (Intergraph), ecc.

I sistemi CAD, predisposti per operare in un contesto bidimensionale, sono in maggioranza sistemi per il drafting; infatti, la modellazione di caratteristiche funzionali, strutturali e fisiche dei pezzi, oggetto della progettazione, richiede l'utilizzo di modelli geometrici che ne diano una rappresentazione tridimensionale. Solo in taluni casi, come accade ad esempio per i pezzi prodotti per tranciatura e piegatura di lamiere, la rappresentazione bidimensionale è sufficiente per affrontare altri aspetti della progettazione e dunque andare al di là del semplice disegno.

4.2. Modello CAD

Un modello CAD è una rappresentazione di un oggetto reale limitata a quegli aspetti di interesse per l'attività prescelta, rappresentabile con un elaboratore con costi e tempi ritenuti accettabili. Usualmente questi aspetti sono primariamente gli aspetti geometrici e, in misura minore, la struttura funzionale e le informazioni legate al processo produttivo utilizzato per la realizzazione dell'oggetto. Poiché da un modello è possibile estrarre solo l'informazione che esso contiene esplicitamente o implicitamente, da un modello bidimensionale di un oggetto non è possibile ricavare automaticamente proprietà di massa, volume e baricentro(1); queste caratteristiche sono invece facilmente ottenibili da sistemi di tipo tridimensionale.

I modelli adottati dai sistemi CAD riflettono fedelmente la classificazione proposta nel paragrafo precedente per i sistemi stessi; i sistemi orientati al disegno modellano non tanto l'oggetto reale, ma piuttosto la rappresentazione grafica bidimensionale dello stesso; i sistemi orientati alla progettazione adottano modelli che privilegiano gli aspetti geometrici spaziali dell'oggetto reale e considerano ausiliarie le informazioni sulla sua rappresentazione grafica in due dimensioni. Pertanto si hanno sostanzialmente due categorie di modelli:

Modelli del documento. Si tratta di un modello del documento cartaceo che descrive un pezzo con le convenzioni del disegno tecnico. Le entità modellate, cioè rappresentabili, sono linee, archi, coniche, quote,

(1) In realtà, a livello accademico, sono stati fatti numerosi tentativi per realizzare sistemi per la ricostruzione automatica di modelli 3D sulla base di viste 2D ma non hanno mai raggiunto risultati tali da prospettarne un utilizzo in contesti reali di progettazione.

campiture, annotazioni, ecc. Da questo tipo di modelli si possono estrarre solamente le informazioni legate alla geometria bidimensionale come ad esempio, aree, lunghezze di segmenti, angoli, distanze, ecc.

Modelli dell'oggetto. Si tratta di un modello dell'oggetto in progettazione. Si hanno modelli con diversi livelli di realismo che privilegiano aspetti diversi del solido; alcuni sistemi si limitano a rappresentare solo gli spigoli dell'oggetto, altri le superfici, altri i volumi, altri ancora rappresentano con la geometria anche informazioni funzionali, tecnologiche, ecc.

I sistemi orientati al disegno modellano quindi la rappresentazione grafica dell'oggetto così come è convenzionalmente definita dalle norme del disegno tecnico. Una rappresentazione di questo tipo contiene effettivamente una completa descrizione della forma dell'oggetto reale ma si tratta di una descrizione in forma fortemente implicita e sintetica: pertanto non è interpretabile ed utilizzabile direttamente da un sistema CAD. Si può affermare che l'interpretazione di una rappresentazione grafica di un oggetto, conforme alle regole e modalità del disegno tecnico, è completamente e correttamente interpretabile esclusivamente da una persona con sufficiente esperienza nel campo del disegno e della progettazione; la stessa rappresentazione grafica non può essere attualmente interpretata da un sistema software, per quanto complesso.

4.3. Funzionalità principali

I sistemi CAD per il disegno bidimensionale, o sistemi per il drafting, offrono un insieme di comandi che, benché presentati all'utente con meccanismi di interfaccia e nomi che variano fortemente da un sistema all'altro, sono riconducibili ad un gruppo comune di funzionalità. Le principali funzional
offerte dai comandi di produzione e modifica di disegni, di strutturazione, di gestione delle parti ricorrenti, di interrogazione del disegno, di automatizzazione di attività ripetitive, di personalizzazione dell'ambiente e di gestione informatizzata degli archivi. Nel seguito vengono analizzate queste funzionalità con maggiore dettaglio; va però ricordato che molte di queste sono in realtà funzioni offerte anche dai sistemi CAD che operano in tre dimensioni.

4.3.1. Disegno

I sistemi per il disegno offrono, ovviamente, dei comandi per il disegno di elementi grafici elementari e comandi più potenti che consentono al disegnatore di realizzare con rapidità elementi grafici più complessi. Questi comandi sono

usualmente potenziati dall'abbinamento con modalità operative basate su sistemi di riferimento alternativi e dalla riferibilità di punti notevoli.

Disegno di entità grafiche elementari. Sono comandi per il disegno di semplici geometrie quali linea, segmento, arco, circonferenza, ecc. Per tracciare, ad esempio, un segmento di retta AutoCAD utilizza il comando `Line` e GBG DraftMaker il comando `SEGmento`.

Comandi di disegno di alto livello. Sono usualmente disponibili comandi di alto livello per la rapida realizzazione di strutture grafiche più complesse come poligoni regolari di *n* lati inscritti o circoscritti ad un cerchio, rette perpendicolari, parallele o bisettrici, raccordi, quote, ecc. Per tracciare, ad esempio, un poligono regolare con AutoCAD è richiesto il comando `Polygon` seguito da una serie di opzioni che specificano se inscritto o circoscritto ad una circonferenza di costruzione, di cui si indica il valore del raggio, ed il numero di lati; in GBG DraftMaker si utilizza il comando `POLigono REGolare CIRCOscritto` oppure il comando `POLigono REGolare INScritto`. Particolare attenzione viene posta dagli sviluppatori di sistemi CAD nella implementazione delle funzionalità di quotatura. I disegnatori sono molto esigenti e richiedono comandi per la quotatura che siano di facile utilizzo e al contempo fortemente personalizzabili così da adattarsi a norme, gusti estetici ed esigenze di ciascun utente o gruppo di utenti.

Utilizzo di più sistemi di coordinate. Nella realizzazione di un disegno è fondamentale l'utilizzo di sistemi di coordinate alternativi come ad esempio coordinate cartesiane relative, coordinate polari, distanze da altre geometrie, ecc. Meno importante, nei sistemi 2D, è la creazione di coppie / terne cartesiane poste in vari punti del disegno ed attuabili dall'utente con il corrispondente sistema di riferimento. Nei sistemi CAD 3D questa funzionalità è invece considerata fondamentale in quanto consente al disegnatore di selezionare un piano di lavoro liberamente posizionato nello spazio oppure coincidente con una faccia preesistente. AutoCAD, ad esempio, consente all'utente di posizionare più sistemi di riferimenti sul disegno con il comando UCS, attivando via quello più adatto alle operazioni di disegno in corso. GBG DraftMaker, ogni volta che è richiesto l'input di un punto consente invece di selezionare una nuova origine, con i comandi `Dx` e `Dy`, e dunque un sistema di riferimento traslato rispetto all'originale.

Punti notevoli. L'impiego di strumenti per la selezione di punti notevoli velocizza e rende estremamente precisa la realizzazione di un disegno. In quasi tutti i sistemi CAD si ritrovano funzioni per la selezione del centro di una circonferenza, dell'estremo di un segmento/arco, del punto medio di un segmento/arco, ecc. I punti notevoli sono utilizzabili dall'utente come meccanismo per la costruzione di nuove geometrie. Ad esempio, volendo chiudere un arco con un segmento di retta è sufficiente utilizzare il comando per tracciare un segmento per due punti scegliendo come primo punto il primo estremo dell'arco e come secondo punto il secondo estremo dell'arco. Sia il sistema AutoCAD che GBG DraftMaker consentono di attivare, per ciascuna selezione, la ricerca automatica di punti notevoli appartenenti ad una o più categorie. Entrambi offrono, alternativamente, un meccanismo di attivazione permanente che ad ogni selezione ricerca, in prossimità del cursore, il punto notevole più prossimo, appartenente all'insieme di categorie preimpostate dall'utente. Il corrispondente comando AutoCAD è `Osnap`, mentre il corrispondente comando GBG DraftMaker è `SNAp`.

Attributi grafici. Per riprodurre a schermo la grande varietà di linee del disegno tecnico i sistemi CAD consentono di selezionare il tipo di linea con cui tracciare ciascuna entità grafica, sia essa un segmento, un arco, o altro. Usualmente il tipo di tratto (continuo, tratteggiato, ecc.) viene visualizzato direttamente sullo schermo, mentre il differente spessore delle linee viene rappresentato graficamente sullo schermo con una tecnica analoga a quella dei fasi colori, utilizzando linee di spessore uniforme ma di colori differenti. La corrispondenza tra colore e spessore si concretizza nel momento in cui il disegno viene stampato con un plotter ed è necessario associare una penna a ciascun colore.

4.3.2. Strutturazione del disegno

I sistemi CAD non si limitano alla sola automatizzazione delle attività tradizionali del disegno ma offrono anche funzionalità di strutturazione del disegno realizzabili solamente con l'ausilio di strumenti informatici. Il disegno, pertanto, cessa di essere un insieme uniforme di entità grafiche per divenire una struttura anche complessa di aggregazioni di entità arricchite di attributi relativi a materiali, note di lavorazione, costi, ecc. Queste funzionalità non sono imposte all'utente, ma gli vengono proposte come funzionalità supplementari; egli è responsabile di deciderne il migliore utilizzo in funzione delle proprie esigenze. Sono usualmente utilizzate

solo da utenti con una discreta esperienza. I principali strumenti di strutturazione del disegno offerti dagli attuali sistemi CAD sono i seguenti:

Stratificazione (livelli). Il disegno può essere strutturato con la creazione di strutture "orizzontali corrispondenti ad insiemi logici di entità grafiche. Un tipico esempio dell'ingegneria civile colloca su layer distinti: pianta dell'edificio, rete idrica, rete elettrica, rete idraulica, ecc. Ciascuno strato o livello (*layer*) raggruppa entità affini ma non necessariamente appartenenti allo stesso componente dell'oggetto. I livelli sono gestiti con meccanismi che consentono di controllarne la visibilità individuale come se si trattasse di fogli trasparenti sovrapponibili, Figura 4.2. Ad esempio AutoCAD offre il comando `Layer` per la gestione della strutturazione del disegno in livelli; GBG DraftMaker offre i comando `LIVOutput` e `LIVInput`.

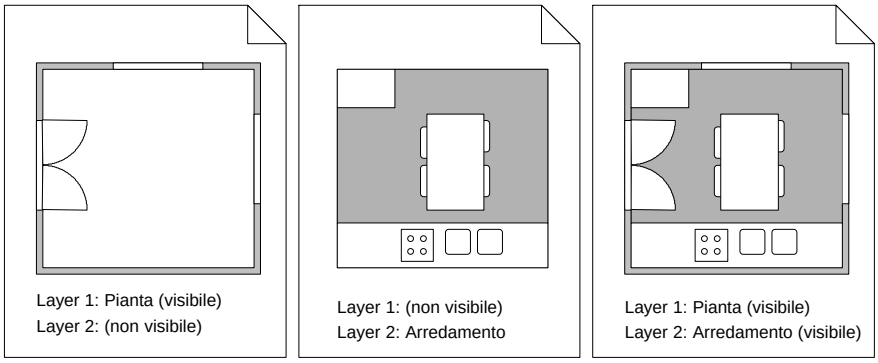


Figura 4.2: Esempio di utilizzo di tecniche di stratificazione.

Gerarchizzazione (gruppi). Un'altra tecnica di strutturazione del disegno, di tipo "verticale" e non alternativa ai livelli, consiste nel riunire le *group*) sulla base di affinità funzionali o sulla base dell'appartenenza ad un medesimo componente dell'oggetto. L'operazione di raggruppamento può essere iterata a comporre gruppi di gruppi. Questo strumento consente di ricreare nel disegno la strutturazione tipica di un assemblato di oggetti reali, in cui ogni elemento è un pezzo a sé stante ma anche parte integrante di un insieme più ampio. Ad esempio GBG DraftMaker offre i comandi `AGGRega GRUppo` e `DEFinisci GRUppo` per creare rispettivamente un gruppo contenente le entità grafiche selezionate oppure vuoto.

Referenziazione (simboli, blocchi). Un'altra tecnica di strutturazione consiste nell'inserimento nel disegno di riferimenti a componenti (*symbol*) definite esternamente al disegno stesso e comunque modificabili separatamente da questo, Figura 4.4. Ciascun riferimento, presente nel disegno, ad un simbolo in libreria è detto istanza del simbolo. In questo modo è possibile inserire nel disegno dei particolari standardizzati definiti in una libreria esterna, vedendo ciascuna istanza come un'unica entità grafica, con inoltre la certezza dell'assoluta corrispondenza con la descrizione, presente in libreria, del simbolo. Mentre è impossibile modificare singolarmente l'istanza di un simbolo, se non nei suoi parametri di posizionamento, qualora si vogliano modificare tutte le istanze è possibile effettuare una sola volta la modifica all'elemento originale ottenendo una propagazione automatica a tutti i disegni. Ad esempio AutoCAD offre il comando `Block` per creare un simbolo ed il comando `Insert` per inserirlo nel disegno; GBG DraftMaker offre il comando `AGGRega SIMBolo` per creare un simbolo ed il comando `POSiziona SIMBolo` per posizionarlo.

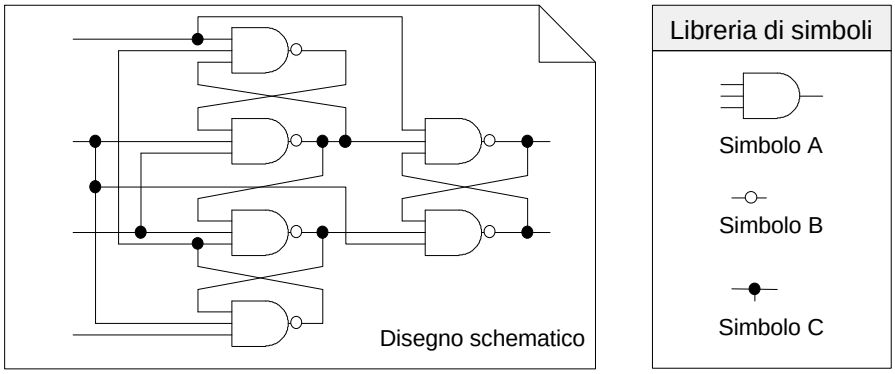


Figura 4.4: Esempio di utilizzo di tecniche di referenziazione.

L'amplissima diffusione dei sistemi CAD pone problemi sempre standardizzazione; le tecniche di strutturazione del disegno costituiscono un aspetto particolarmente delicato e sensibile alla totale assenza di standardizzazione a livello nazionale ed internazionale. Infatti, mentre è possibile trasferire abbastanza agevolmente i semplici dati geometrici del disegno da un sistema CAD ad un altro utilizzando appositi formati di scambio, spesso vi sono grosse difficoltà nel conservare la strutturazione. Questo problema non è dovuto tanto all'inadeguatezza degli strumenti di trasferimento ma alla varietà nell'uso delle tecniche di strutturazione utilizzate dai disegnatori. Ciascun disegnatore, in

assenza di regole, struttura in modo arbitrario il disegno con il risultato di rendere difficilmente condivisibile questa strutturazione con altri disegnatori. Alcune organizzazioni internazionali e nazionali si stanno muovendo in questa direzione proponendo delle regole, per ora limitate al campo dell'ingegneria civile e per i sistemi CAD maggiormente diffusi.

4.3.3. Modifica del disegno

Uno dei più evidenti vantaggi nell'utilizzo di un sistema CAD rispetto all'impiego di tecniche tradizionali, consiste nella grande facilità e rapidità con cui è possibile modificare, anche in modo radicale un disegno. Le funzionalità di modifica consentono all'utente del sistema CAD di cancellare parti del disegno, di modificare gli attributi grafici di alcune entità, di spostare/scalare/ruotare parti del disegno e di riorganizzare il lay-out della tavola. Le funzionalità di modifica del disegno sono:

Cancellazione entità. Tutti i sistemi consentono di cancellare le entità grafiche del disegno selezionandole individualmente, oppure selezionando tutte le entità racchiuse in una certa area rettangolare, oppure agendo per categorie (ad esempio, tutti i segmenti gialli) o per strutture (ad esempio, tutte le entità del livello 25). Ad esempio, GBG DraftMaker offre il comando `CANcella` per cancellare le entità grafiche selezionate; AutoCAD utilizza il comando ERASE.

Modifica attributi entità. A volte modificare un disegno significa cambiare gli attributi grafici, come colore o tipo di linea, di alcune entità grafiche. Nei disegni strutturati è anche possibile portare una o più entità da un gruppo o da un livello ad un altro oppure modificare gli attributi grafici di tutte le entità appartenenti ad uno stesso gruppo oppure residenti su uno stesso layer. AutoCAD utilizza il comando `Chprop` per modificare i vari attributi delle entità grafiche mentre GBG DraftMaker utilizza il comando `MODifica ATTRibuti`.

Trasformazione. Tutte le entità grafiche e gli insiemi di entità possono essere modificati con opportune trasformazioni. Sono usualmente disponibili le consuete trasformazioni lineari di scalatura, traslazione, rotazione, specularità e le combinazioni di queste. Le modalità con cui queste trasformazioni sono rese disponibili all'utente variano da sistema a sistema. Ad esempio, GBG DraftMaker memorizza una trasformazione corrente; questa trasformazione è poi attivabile in ogni momento della seduta di lavoro con il comando `COPia` che crea una copia trasformata delle

entità grafiche selezionate oppure con il comando `SPOsta` che trasforma direttamente le entità originali selezionate dall'utente. Il sistema AutoCAD utilizza un approccio differente: per ciascuna trasformazione è necessario selezionare le entità da trasformare e quindi definire i parametri della trasformazione stessa.

Riorganizzazione della tavola. Utilizzando le funzionalità di trasformazione una tavola può essere rapidamente riordinata o modificata ad esempio, per ospitare una nuova vista. In queste operazioni il disegnatore è spesso supportato dalla presenza di più viste a diversi livelli di zoom; si concilia così l'esigenza di effettuare operazioni localmente molto precise conservando una visione globale della tavola. Un'altra possibilità di riorganizzazione della tavola consiste nella modifica di livelli o gruppi, per ottenere una strutturazione meglio aderente alle esigenze del disegnatore ed alle caratteristiche strutturali e funzionali dell'oggetto.

4.3.4. Gestione di parti ricorrenti

L'utente di un sistema CAD può velocizzare in modo significativo il proprio lavoro creando degli speciali archivi, detti librerie, in cui raccogliere i disegni o i particolari di utilizzo più frequente. Questa possibilità fornisce un reale riscontro in termini di benefici economici e qualitativi solo se il disegnatore opera in un contesto regolamentato da precise norme ed è supportato da un'adeguata organizzazione nonché dalla disponibilità di sufficienti risorse.

Librerie di normalizzati. L'accesso ad archivi o librerie di parti normalizzate, disponibili in più viste e in vari formati e direttamente inseribili nel disegno, consente di realizzare con rapidità e precisione anche tavole molto complesse. Le librerie di normalizzati sono realizzabili direttamente dal disegnatore oppure possono essere acquistate dal produttore del sistema CAD o da terze parti.

Librerie di parti ricorrenti. Queste librerie, del tutto analoghe alle librerie di normalizzati, sono specifiche di ciascuno studio di progettazione e pertanto sono costruite direttamente dai singoli utenti. In queste librerie si accumula un patrimonio di disegni che rappresentano parti o sotto-parti ricorrenti archiviate e catalogate in un formato che le rende facilmente reperibili e riutilizzabili con evidenti vantaggi in termini di produttività.

Riutilizzo di disegni. La possibilità di duplicare disegni esistenti per generare nuovi disegni mediante opportune cancellazioni e modifiche costituisce un'altra utile possibilità di utilizzo dei sistemi CAD in particolare qualora il disegnatore si trovi a realizzare disegni che presentano forti similarità con tavole prodotte in precedenza.

4.3.5. Interrogazione del disegno

L'automatizzazione delle attività di disegnazione richiede meccanismi di -progettista ed il modello CAD estremamente flessibili; il disegno deve essere utilizzabile non solo per quanto attiene alla rappresentazione grafica ma anche consentendo l'accesso a tutta l'informazione contenuta esplicitamente o implicitamente. Chiaramente le informazioni estraibili da un modello bidimensionale sono limitate, soprattutto se paragonate alle informazioni contenute e pertanto estraibili da un modello tridimensionale che rappresenta il medesimo pezzo. Nonostante ciò queste funzionalità sono considerate di assoluta importanza e consentono in alcuni casi, di generare i programmi di lavorazione per la produzione del pezzo con macchine utensili a controllo numerico. Le principali classi di interrogazione supportate dai sistemi di disegno sono:

Interrogazione geometria. Pressoché tutti i sistemi CAD orientati al disegno offrono la possibilità di conoscere, per le entità grafiche nel disegno, angoli, lunghezze, distanze, raggi, coordinate, ecc., anche se non definiti esplicitamente. Ad esempio è possibile costruire una circonferenza con tre vincoli di tangenza ed una volta tracciata richiedere al sistema CAD di visualizzarne il valore del raggio. Ad esempio, per conoscere coordinate del centro e raggio di una circonferenza, GBG DraftMaker offre il comando `VERIfica` seguito dalla selezione della circonferenza; in modo analogo AutoCAD offre il comando `List`.

Interrogazione aree. Alcuni sistemi CAD offrono il calcolo automatico di aree definite da profili chiusi. Questa funzionalità può essere di rilievo non solo per il disegnatore ma anche per il progettista. Ad esempio in GBG DraftMaker il comando `VERIfica SUPerficie` seguito dalla selezione di un'area campita, ne riporta area, perimetro e baricentro.

Stima dei costi e della complessità. Le capacità di interrogazione del modello possono essere utilizzate per automatizzare alcune attività, come, ad esempio, per calcolare una stima dei costi di produzione dell'oggetto e generare automaticamente la distinta base con il

conteggio dei componenti presenti e della loro numerosità. Un esempio molto limitato di questa funzionalità in GBG DraftMaker è dato dai comandi `DISTInta GRUppi` e `DISTInta SIMBoli`, due comandi che forniscono un elenco rispettivamente dei simboli e dei gruppi presenti nel disegno; gli output di questi comandi sono fortemente orientati alle caratteristiche geometriche ma l'elenco può essere facilmente rielaborato per ottenere una distinta base.

Accesso esterno al modello. Può essere considerata una forma di interrogazione anche la possibilità di accedere a tutte le informazioni contenute nel modello CAD per mezzo di programmi esterni realizzati dagli stessi utenti. A questo scopo numerosi sistemi CAD offrono delle interfacce di programmazione dette API (Application Programming Interface). Utilizzando queste interfacce un programmatore può accedere a tutte le funzionalità del sistema CAD oppure ad un suo sotto insieme per mezzo di chiamate a funzioni nel contesto di un programma scritto in un linguaggio di programmazione.

4.3.6. Automatizzazione di attività ripetitive

L'attività di disegnazione comprende delle operazioni che richiedono la presenza di un operatore "intelligente" e che, pertanto, devono essere eseguite direttamente dal disegnatore. Altre operazioni, invece, benché richiedano tempi molto lunghi, sono fondamentalmente ripetitive e possono essere facilmente automatizzabili. I sistemi CAD offrono alcuni comandi che consentono di sgravare il disegnatore dall'esecuzione di queste parti limitandone l'intervento all'impostazione di pochi parametri iniziali. Le attività generalmente automatizzate sono:

Campiture. Tutti i sistemi CAD offrono adeguati comandi per campire automaticamente un profilo chiuso con un tipo di campitura selezionato o definito dall'utente. L'intervento del disegnatore si limita alla selezione del profilo ed alla scelta o definizione del tipo di campitura. AutoCAD offre il comando `Hatch` per la campitura richiedendo all'utente la selezione di tutti i segmenti e/o archi che racchiudono l'area da campire. Il sistema GBG DraftMaker, con i comandi `CAMpitura PUInterno` e `CAMpitura PUI.Nisole`, utilizza un approccio più semplice richiedendo all'utente solamente la selezione di un segmento sul perimetro e provvedendo in modo automatico ad individuare l'area da campire.

Pattern. Un'altra attività ripetitiva è il disegno di motivi circolari o rettangolari di elementi costanti come, ad esempio, la sequenza di

fori posti circolarmente su una flangia. I sistemi CAD sono in grado di posizionare automaticamente questi elementi ricorrenti, richiedendo al disegnatore la selezione dell'elemento ripetuto e la regola di posizionamento. Ad esempio la creazione di un pattern circolare può essere ottenuta in AutoCAD in modo curioso utilizzando il comando `Divide`, selezionando una circonferenza di riferimento e quindi specificando il simbolo da ripetere nel pattern; diversamente in GBG DraftMaker è necessario prima definire con `ROTOtraslazione` la trasformazione di rototraslazione che trasforma un elemento del pattern circolare nel successivo e quindi, una volta posizionato il primo elemento del pattern, utilizzare il comando `COPia` seguito dal numero di elementi nel pattern e quindi seguito dalla selezione dell'elemento del pattern.

Quotatura associativa. La creazione di quote legate dinamicamente ad entità geometriche, con aggiornamento automatico di posizione e valore al variare delle entità quotate, può velocizzare in parte la produzione di disegni soggetti a frequenti modifiche o che vengono riutilizzati per la generazione di varianti.

4.3.7. Gestione di archivi

Un aspetto, spesso sottovalutato, dell'utilizzo dei sistemi CAD sono le funzio di archiviazione dei disegni. Queste funzionalità frequentemente non sono presenti direttamente nel sistema ma sono implementate in moduli esterni. Con questi strumenti è possibile organizzare gli archivi così da consentire un accesso rapido al patrimonio di disegni di ciascuno studio di progettazione o ufficio tecnico. Le funzioni offerte dagli strumenti di archiviazione sono:

Memorizzazione. La memorizzazione di disegni, o documenti tecnici, su supporto magnetico oppure ottico, è una funzionalità di base. Alcuni sistemi consentono la semplice creazione di un file lasciando all'utente la responsabilità di organizzare da sé la gestione dell'archivio di disegni. Altri sistemi, ad un livello maggiore di integrazione, gestiscono il disegno nel contesto di una base dati; il sistema gestisce i permessi e le modalità di accesso e di riferimento al disegno, organizzando automaticamente le versioni successive e predisponendo i meccanismi di condivisione tra più utenti e di accesi multipli contemporanei. Questi archivi strutturati sono solitamente abbinati a strumenti informatici di *navigazione* per il reperimento rapido delle tavole e delle informazioni ad esse

associate. Queste funzionalità consentono di utilizzare in modo produttivo il patrimonio di disegni esistenti e di ridurre in modo significativo lo spazio richiesto rispetto a quello richiesto dalle tecniche tradizionali di archiviazione.

Classificazione. La classificazione semiautomatica delle tavole con associazione di documenti ausiliari relativi alla documentazione tecnica, come la distinta base, consente di automatizzare e razionalizzare i meccanismi di archiviazione garantendo una reale reperibilità dei documenti.

Trasporto. I documenti, o disegni, in forma digitale possono essere inviati in luoghi diversi da quello originale in tempi ridottissimi e con degrado della qualità nullo. Le tavole possono essere inviate localmente da un ufficio ad un altro o da un edificio ad un altro in tempo reale utilizzando le reti locali di elaboratori (*LAN*) mentre possono essere inviate da una città ad un altra utilizzando le linee telefoniche ed opportuni strumenti di trasmissione (*modem*).

4.3.8. Interscambio dati

La possibilità di scambiare dati tra sistemi CAD diversi e tra sistemi CAD e sistemi per il CAM (*Computer Aided Manufacturing*), costituisce un elemento fondamentale nella valutazione delle funzionalità di un sistema. Per lo scambio di dati tra sistemi diversi, sono percorribili due strade alternative: realizzare un convertitore da ciascun sistema CAD verso tutti gli altri sistemi CAD esistenti oppure concordare un formato dati neutrale e realizzare, per ciascun sistema CAD, due convertitori: uno in grado di convertire i dati dalla rappresentazione interna nel formato neutrale ed uno in grado di convertire il formato neutrale nella rappresentazione interna del sistema. Risulta evidente l'economicità della seconda soluzione rispetto alla prima. Numerosi formati neutrali di dati sono stati proposti nel corso degli anni ma nessuno di essi si è imposto con una diffusione sufficiente sugli altri. Attualmente sono utilizzati alcuni formati definiti da standard ufficiali, come IGES, VDA, CAD-I, ecc., ed altri standard definiti da standard de facto come il formato DXF di AutoCAD.

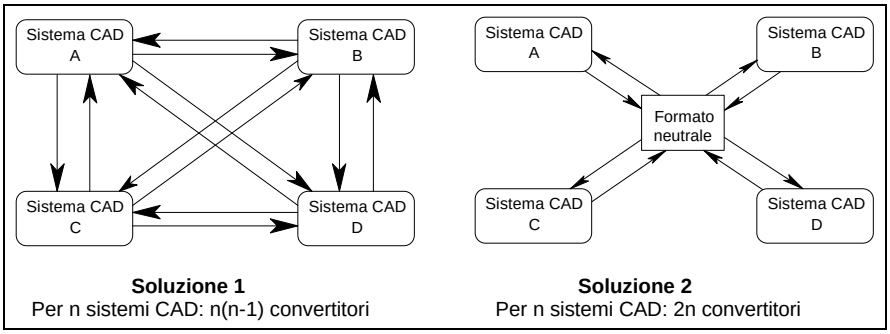


Figura 4.6: Scambio dati tra sistemi CAD.

Le funzionalità offerte dall'impiego di questi formati di dati consentono al sistema CAD di scambiare informazioni con:

Altri sistemi CAD. Questo scambio può avvenire per molteplici motivi: passaggio ad un sistema più evoluto o di altro produttore, scambio dati di progetto con fornitori, utilizzo di ambienti di progettazione multi fornitore, ecc.

Strumenti per la documentazione tecnica. Diviene sempre più sentita l'esigenza di riversare i modelli prodotti dalla progettazioni verso strumenti per la produzione di documentazione tecnica automatizzando in questo modo la produzione di illustrazioni, schemi, ecc. Questo tipo di scambio non richiede una precisione particolare, come è invece per altri casi: infatti attualmente si utilizzano strumenti non specifici e spesso approssimati.

Strumenti di analisi e verifica. Anche il passaggio in tempi rapidi di un modello verso strumenti per l'analisi strutturale o per il calcolo di altro tipo è divenuta una esigenza molto sentita dai progettisti.

Sistemi CAM. Questo è un punto fondamentale, infatti i sistemi CAM devono poter operare su dati di massima precisione e con tempi di scambio molto contenuti. Con una fedele conversione dei dati si pongono i presupposti per una corretta esecuzione della lavorazione a controllo numerico.

4.3.9. Personalizzazione dell’ambiente

Non è possibile produrre dei sistemi CAD che incontrino perfettamente le esigenze ed i gusti di tutti i potenziali utenti. Per questo motivo ciascun sistema offre agli utenti la possibilità di modificare sia le modalità di interazione che lo stile del disegno. Il livello di configurabilità varia da sistema a sistema. Questa funzionalità

viene sempre più considerata una caratteristica irrinunciabile. Le possibilità di configurazione o personalizzazione sono:

Configurazione dei parametri di sistema. Con la scelta di opportuni valori per i parametri di sistema, è possibile adattare le modalità di interazione e l'aspetto del sistema ai gusti dell'utente limitatamente alle caratteristiche configurabili dal sistema utilizzato.

Configurazione dello stile. Con la selezione di opportuni valori per i parametri utente, è possibile adattare lo stile di disegno adottato dal sistema CAD alle preferenze del disegnatore ed alle convenzioni interne di uno specifico studio di progettazione o ufficio tecnico. Si possono ad esempio configurare i parametri relativi allo stile di quotatura, allo stile dei testi, al cartiglio standard, ecc.

Integrazione con moduli specializzati. Tutti i sistemi CAD sono estendibili fornendo al disegnatore, entro il sistema stesso, l'accesso a moduli specializzati, usualmente realizzati da terze parti, per contesti applicativi specifici. Ad esempio, un disegnatore di impianti elettrotecnici potrà acquisire un modulo per la verifica automatica di alcune caratteristiche dell'impianto progettato, integrato nel sistema CAD. Nel contesto del sistema AutoCAD, altri moduli molto diffusi, prodotti da terze parti, sono i moduli per la gestione degli archivi di disegni, che consentono una rapida ed efficace archiviazione dei disegni ed una altrettanto rapida ed efficace ricerca.

Programmazione di funzioni specifiche. Per esigenze specifiche del singolo disegnatore o dello studio di progettazione, i sistemi CAD offrono la possibilità di estendere l'insieme dei comandi con opportuni programmi o macro(2) realizzati direttamente dagli utenti. Questa possibilità, pur essendo teoricamente molto interessante, si scontra con la difficoltà che gli utenti, progettisti e disegnatori, incontrano nell'utilizzo dei linguaggi di programmazione, gli unici strumenti per accedere a questa capacità di potenziamento del sistema CAD. Ad esempio, AutoCAD offre il linguaggio di programmazione AutoLISP per la creazione di

(2) Con il termine MACRO si intende usualmente una sequenza di comandi, parametrizzata rispetto ad alcuni dati, che automatizza alcune semplici operazioni ripetitive.

comandi utente da integrare nel sistema; GBG DraftMaker offre il linguaggio LPG per lo stesso genere di estensioni.

4.3.10. Visualizzazione

L'attuale dimensione degli schermi per computer non è in alcun modo paragonabile alla dimensione di un tecnigrafo oppure di un foglio di formato A0; pertanto i sistemi CAD sono costretti ad offrire modalità alternative per la visualizzazione dei disegni. Le funzionalità essenziali di visualizzazione, nei sistemi 2D, sono analoghe a quello che potremmo ottenere osservando un foglio da disegno con una macchina fotografica o con una telecamera: operando sull'obiettivo si può ingrandire o rimpicciolire a piacere il disegno passando da una visione globale dell'intero disegno ad una visione locale di una sua sottoparte; inoltre spostando orizzontalmente o verticalmente la telecamera è possibile variare l'area del disegno inquadrata. Si noti che stiamo parlando delle funzioni di visualizzazione, cioè di funzioni che modificano il modo con cui viene visualizzato il disegno ma non modificano il disegno stesso. Pertanto, le principali funzionalità per il controllo della visibilità sono:

Zoom. L'utente del sistema CAD può ingrandire o rimpicciolire a piacere parte o tutto il disegno senza per questo perdere in precisione sia nell'immagine che appare sul video che nel risultato prodotto dai comandi impartiti al sistema. Per ottenere, ad esempio, l'ingrandimento di una zona rettangolare di nostro interesse in AutoCAD utilizzeremo il comando `Zoom Window` mentre in GBG DraftMaker utilizzeremo il comando `INGrandimento`; in entrambi i casi dovremo fare seguire la selezione di due vertici diametralmente opposti del rettangolo. Modalità alternative prevedono l'impostazione di un fattore di zoom, ma sono usualmente poco utilizzate, in quanto non intuitive per il disegnatore.

Pan. Con questo termine si intende generalmente l'insieme di funzioni che consento all'utente del sistema CAD di muovere orizzontalmente e/o verticalmente la telecamera virtuale con cui osserva il disegno ad inquadrare i vari dettagli. Le modalità operative con cui questa funzione è resa disponibile all'utente sono molto varie: si va dalle barre di scorrimento (scroll bar) all'utilizzo di comandi impartiti da tastiera. Ad esempio AutoCAD consente di spostare la telecamera impartendo il comando `Pan`, analogamente si comporta GBG DraftMaker con il comando `PAN` che presenta una differente sintassi; il sistema Vellum (Ashlar), meglio

integrato nei moderni sistemi GUI, utilizza esclusivamente le scroll-bar.

Viste multiple. Pur essendo nel contesto del disegno bidimensionale, i sistemi CAD per il drafting, offrono al disegnatore la possibilità di organizzare lo schermo in più viste. Questa modalità operativa consente di controllare agevolmente parti del disegno poste a volte in punti molto distanti del medesimo foglio e che pertanto richiederebbero un fattore di zoom inaccettabile per essere inquadrati contemporaneamente. In una configurazione dello schermo in più viste è come se il disegnatore disponesse di più telecamere indipendenti.

Disegni multipli. Nei sistemi CAD più avanzati, il disegnatore, questo può operare contemporaneamente su più disegni, usualmente posti su finestre distinte, effettuando operazioni di copia e incolla da un disegno ad un altro. Questa è una funzionalità offerta solamente dei sistemi di concezione più recente e che consente una significativa velocizzazione dei lavori di integrazione di più disegni e di modifica in generale.

mentre altre limitano la varietà delle rappresentazioni possibili. Queste proprietà sono:

Rigidità. Un solido ha forma e dimensioni invarianti rispetto a posizione ed orientazione del solido. Non vengono modellati gli aspetti di deformabilità propri di tutti i solidi reali; questa può essere una approssimazione accettabile in alcuni contesti di progettazione, e limitatamente ad alcuni materiali. La modellazione di solidi con caratteristiche peculiari di non rigidità, come ad esempio i tessuti, è oggetto di un'altra categoria di modelli e sistemi.

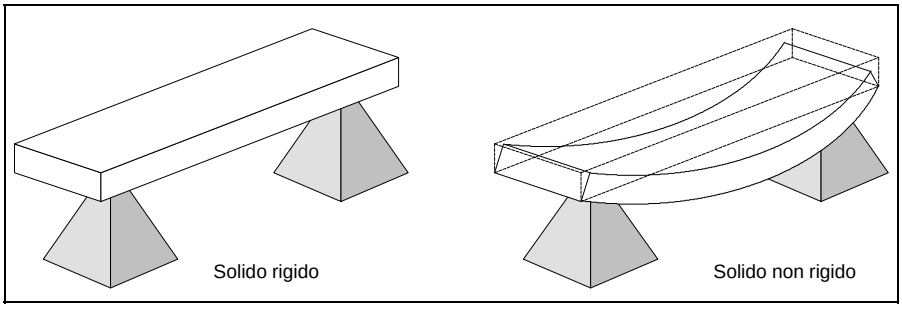


Figura 5.2: Rigidità.

Omogeneità tridimensionale. Un solido deve possedere un interno ed inoltre non deve possedere parti isolate o porzioni con dimensionalità minore di tre. Non sono ammessi modelli di solidi con elementi che abbiano dimensionalità minore di tre; elementi di questo genere possono generarsi impiegando operatori booleani non regolarizzati, descritti successivamente. Nei moderni sistemi di modellazione di solidi questo vincolo è stato parzialmente e cautamente rilasciato in quanto si è osservato che il progettista richiede frequentemente l'impiego di entità che non hanno natura volumetrica, come ad esempio assi di parti a simmetria assiale, piani per il calcolo di sezioni, ecc. L'impiego di questi elementi non genera alcuna confusione nel progettista che, al contrario, trova finalmente un mezzo per descrivere in un unico modello sia elementi di natura volumetrica, corrispondenti a solidi reali, che elementi di natura puramente geometrica corrispondenti a proprietà o elementi schematici del modello.

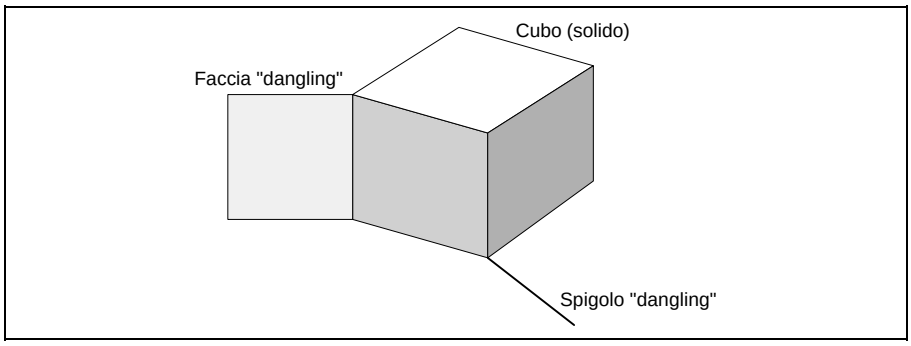


Figura 5.4: Omogeneità dimensionale.

Finitezza. Un solido deve occupare una porzione finita di spazio. Non sono modellabili pertanto solidi "aperti" o semispazi. In realtà questo

vincolo viene rilasciato nei moderni sistemi CAD; si ipotizza che il progettista possa utilizzare solidi non chiusi che sono funzionali alla procedura descrittiva e costruttiva dell'oggetto che dovrebbe godere nel suo stato finale, al momento del rilascio, della proprietà di finitezza.

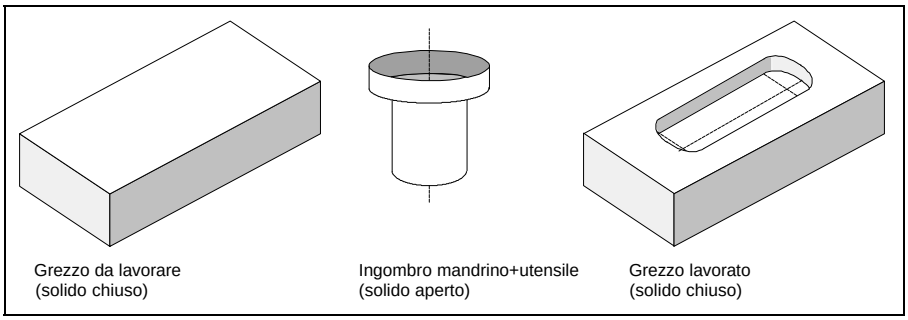


Figura 5.6: Finitezza.

Chiusura rispetto a movimenti rigidi. Movimenti rigidi, come traslazioni e/o rotazioni devono, quando applicati ad un solido, produrre solidi con caratteristiche e proprietà identiche a quelle dei solidi originali. Quindi tutte le caratteristiche geometriche e morfologiche soddisfano questa proprietà mentre caratteristiche legate a posizione spaziale, orientazione, ecc., non sono incluse.

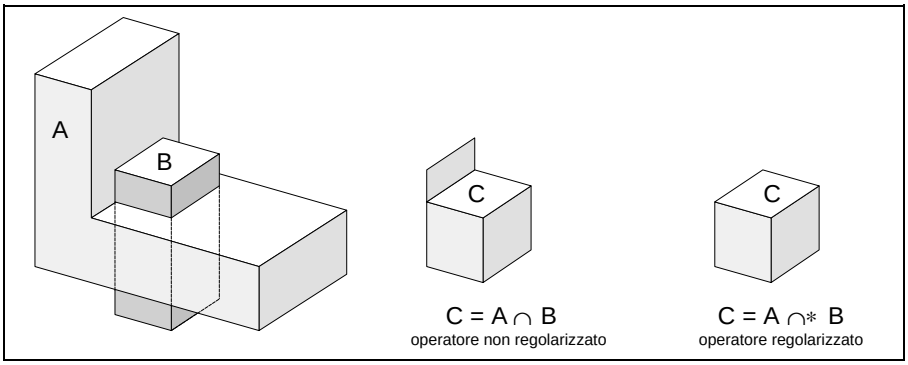


Figura 5.8: Esempio di operatore booleano di intersezione.

Chiusura rispetto ad alcune operazioni booleane. Operazioni che aggiungono o sottraggono materiale devono, quando applicate al solido, produrre altri solidi. Per conservare l'omogeneità tridimensionale e pertanto la chiusura rispetto agli operatori booleani è necessario utilizzare i cosiddetti operatori booleani regolarizzati. Ad esempio Design CAD 3-D (American Small

Business Computers, Inc.) [9], un sistema per la modellazione di solidi su personal computer, per contenere la complessità computazionale del problema, rilascia questo vincolo implementando operatori booleani non regolarizzati.

Descrivibilità finita. Vi deve essere un insieme finito di caratteristiche del solido rappresentabili in un elaboratore. Questa peculiarità implica un livello di precisione finito nella rappresentazione delle proprietà e caratteristiche geometriche del solido; questo è un limite comune a pressoché tutti i modelli computazionali.

Determinismo della frontiera. La frontiera di un solido deve determinare in modo non ambiguo la porzione di spazio occupata dal solido stesso: dato un punto qualsiasi dev'essere possibile stabilire se esso appartiene o no al solido.

Le entità astratte, idealizzazioni e semplificazioni di oggetti reali, che soddisfano queste proprietà e che sono pertanto rappresentabili con dei modelli di solidi costituiscono un insieme detto spazio di modellazione (*modeling space*). Le proprietà definite, consentono di utilizzare i modelli di solidi come struttura centrale dei sistemi CAD.

5.2. Gli schemi di rappresentazione

Individuato un modello per descrivere con un elaboratore degli oggetti solidi, è necessario definire delle modalità di rappresentazione, cioè degli schemi di rappresentazione, adeguati a soddisfare le esigenze dei diversi contesti applicativi: come ad esempio la progettazione meccanica, l'ingegneria civile, ecc. Non vi è necessariamente una corrispondenza univoca tra modello e rappresentazione: per ciascun modello si possono definire più schemi di rappresentazione.

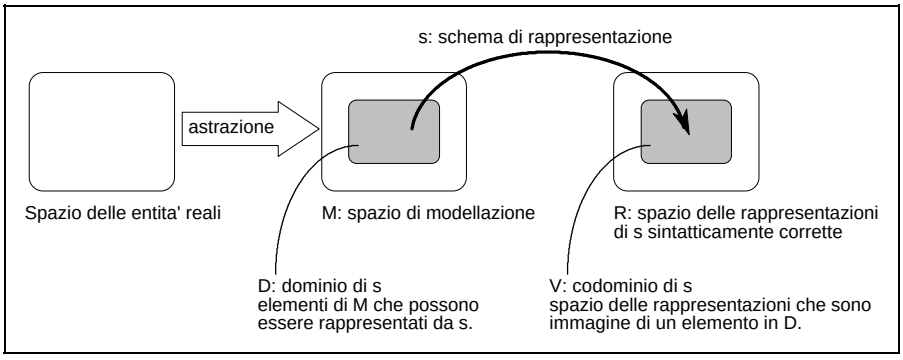

s: schema di rappresentazione
astrazione
Spazio delle entita' reali
M: spazio di modellazione
R: spazio delle rappresentazioni di s sintatticamente corrette
D: dominio di s
elementi di M che possono essere rappresentati da s.
V: codominio di s
spazio delle rappresentazioni che sono immagine di un elemento in D.

Figura 5.10: Dominio e codominio degli schemi di rappresentazione.

Operativamente uno schema di rappresentazione fornisce un insieme di simboli ed una sintassi per formulare una descrizione degli oggetti all'interno dello spazio di modellazione scelto. Formalmente, [10], uno schema di rappresentazione è una relazione *s* che associa ad un modello nello spazio di modellazione una rappresentazione nello spazio delle rappresentazioni sintatticamente corrette.

5.2.1. Proprietà formali degli schemi di rappresentazione

Gli schemi di rappresentazione possono essere esaminati sotto numerosi punti di vista. In letteratura, [10], sono definite alcune proprietà formali che consentono di operare una classificazione. Le proprietà formali sono:

Dominio. Il dominio di uno schema di rappresentazione ne individua il potere descrittivo o in modo equivalente la copertura geometrica. Più ampio è il dominio maggiore è la varietà degli oggetti solidi rappresentabili con uno schema di rappresentazione.

Validità. La validità di uno schema di rappresentazione fornisce una indicazione della capacità dello schema di garantire la validità delle rappresentazioni. In alcuni casi questa validità può essere verificata solo da un utente in altri casi può essere testata automaticamente da un algoritmo con tempi e risorse che variano da schema a schema.

Completezza. Questa proprietà, detta anche di non ambiguità, assicura che se ad una rappresentazione corrisponde un oggetto solido, questo è unico; cioè due oggetti non possono avere la stessa rappresentazione. Pertanto una rappresentazione completa contiene sufficiente informazione per individuare univocamente un solido.

Unicità. Uno schema di rappresentazione gode della proprietà di unicità se un oggetto, nel dominio dello schema, è descritto con una ed una sola rappresentazione. Questa proprietà è importante per determinare con velocità e precisione l'uguaglianza tra due rappresentazioni al fine di determinare se rappresentano il medesimo oggetto. Questa proprietà consente ad esempio di attivare una procedura automatica di rimozione dagli archivi di copie multiple del medesimo oggetto.

5.2.2. Proprietà non formali degli schemi di rappresentazione

Per gli scemi di rappresentazione sono inoltre definite anche alcune proprietà non formali che assumono importanza significativa nella valutazione di schemi diversi

ma che non sono direttamente formalizzabili. Le proprietà informali, proposte in [10], sono:

Concisione. Questa proprietà si riferisce alla dimensione delle rappresentazioni corrispondenti ad un dato schema. In taluni schemi si privilegia una perdita di concisione aggiungendo una certa ridondanza alle rappresentazioni allo scopo di garantire un ragionevole compromesso tra dimensione della rappresentazione e tempi di accesso ai dati rappresentati; in altri casi si privilegia la sinteticità a scapito dei tempi di accesso alle informazioni.

Facilità di creazione. Ciascuno schema di rappresentazione è intrinsecamente orientato a specifiche modalità di creazione, non necessariamente corrispondenti alle modalità operative degli utenti. Alcune rappresentazioni supportano agevolmente strumenti software che mettono in corrispondenza le modalità operative degli utenti con le modalità connaturate allo specifico schema di rappresentazione. Ad esempio l'operazione, a livello utente, di raccordo di uno spigolo può essere riprodotta in alcuni schemi di rappresentazione con un semplice operatore mentre in altri schemi di rappresentazione richiede l'attivazione di lunghe e complesse sequenze di operatori.

Efficacia nel contesto applicativo. Analogamente a quanto esposto per la facilità di creazione, anche l'efficacia nel contesto applicativo è una proprietà che varia fortemente da schema a schema. La rappresentazione implicita o esplicita di alcune informazioni e la capacità di supportare alcune funzionalità con semplici ed efficienti algoritmi rendono preferibili, per ciascun contesto applicativo, alcuni schemi di rappresentazione rispetto ad altri. Ad esempio, nel contesto navale ed aeronautico si utilizzano schemi di rappresentazione che consentono al progettista di definire le forme geometriche per mezzo delle proprietà fisiche e delle caratteristiche funzionali degli oggetti. In contesto automobilistico invece sono prevalenti le esigenze stilistiche, con implicazioni profondamente diverse sul modo di operare e sulle aspettative dell'utente e dunque sulla scelta dello schema di rappresentazione.

5.3. Schemi di rappresentazione per solidi rigidi

Numerosi schemi di rappresentazione sono stati proposti nel corso dell'evoluzione dei sistemi di modellazione, dai primi anni '70 ad oggi. Si hanno tre categorie principali di schemi di rappresentazione [11]:

Rappresentazioni per scomposizione regolare (*Regular Decomposition*). Queste rappresentazioni approssimano ciascun solido con insiemi "regolari" di solidi aventi geometria semplice. I solidi vengono descritti, ad esempio, con una pila di sezioni bidimensionali di spessore costante, oppure con un insieme di colonne prismatiche a sezione quadrata ed assi paralleli, oppure con insiemi di celle cubiche dette voxels[1].

Rappresentazioni della frontiera topologica (*Topological Boundaries*). Descrivono un solido in termini delle superfici o facce che ne racchiudono il volume. Alcuni schemi approssimano le facce non planari con insiemi di facce planari di forma regolare; altri schemi danno una rappresentazione matematica non approssimata anche delle facce non planari. Ciascuna faccia è rappresentata dalla superficie in cui si trova e dagli gli spigoli che la delimitano. Benché la semplice enumerazione delle facce sia sufficiente per descrivere in modo non ambiguo un solido alcuni schemi di rappresentazione memorizzano ulteriori informazioni di adiacenza ed incidenza tra facce, spigoli e vertici. Queste informazioni possono essere utilizzate da algoritmi che verificano la consistenza della rappresentazione.

Rappresentazioni costruttive (*Constructives Representations*). Descrivono un solido per mezzo di sequenze di operazioni, a partire da solidi primitivi. Queste rappresentazioni sono pertanto implicite.

5.3.1. Rappresentazioni per scomposizione regolare

Le reappresentazioni per scomposizione regolare sono molto utilizzate ad esempio in campo medico ed in generale in quelle applicazioni ove la definizione del solido avviene mediante sensori che effettuano un campionamento spaziale.

([1]) Il termine VOXEL, sincopato di Volume Element, indica indica un elemento atomico di volume di forma cubica.

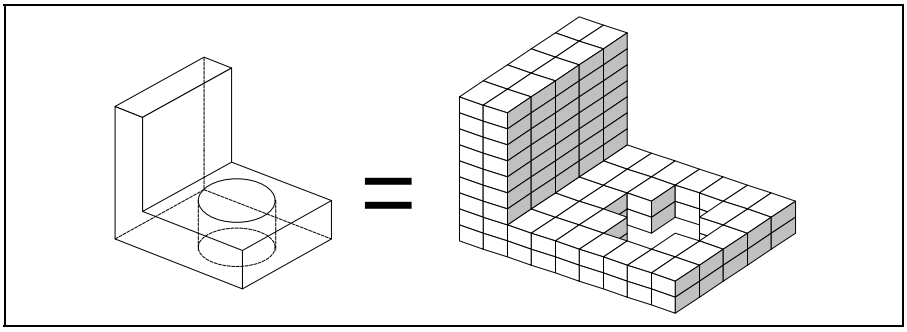


Figura 5.12: Esempio di rappresentazione di un solido per mezzo di voxel.

Tipici utilizzi sono la tomografia assiale computerizzata e la visualizzazione scientifica di dati, anche di natura non spaziale, provenienti da elaborazione. Si tratta di uno schema di rappresentazione che presenta un buon dominio, facilmente validabile, completo e sotto certe condizioni unico. E' estremamente prolisso e non adatto ad essere creato direttamente da un utente. In queste rappresentazioni le caratteristiche topologiche dei solidi sono totalmente implicite e non facilmente ricostruibili.

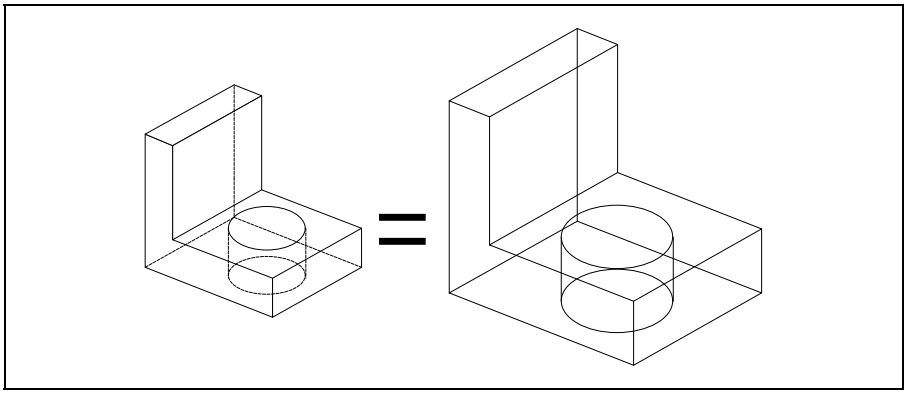


Figura 5.14: Esempio di rappresentazione wire-frame.

5.3.2. Rappresentazioni della frontiera topologica

Questi schemi di rappresentazione sono caratterizzati da una rappresentazione esplicita delle caratteristiche della superficie del solido, la caratteristica di maggiore interesse avendo limitato il dominio a solidi rigidi ed omogenei. Si tratta di rappresentazioni sintetiche.

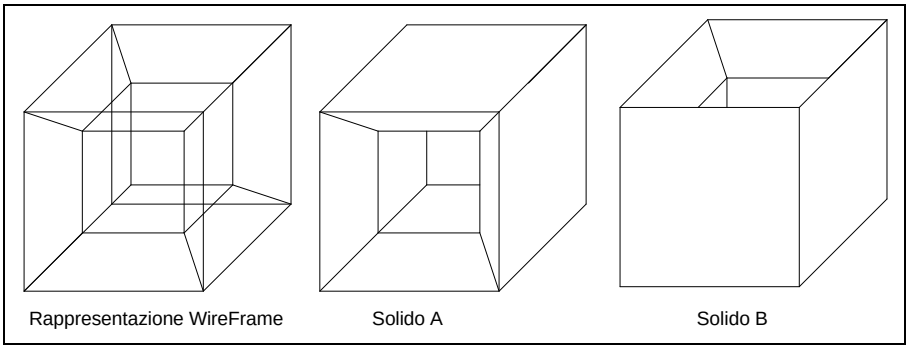


Figura 5.16: Esempio di ambiguità nella rappresentazione wire-frame.

Le prime rappresentazioni della frontiera topologica proposte, citate solo per motivi storici, sono state le rappresentazioni dette a filo di ferro (Wire Frame) che rappresentano i solidi per mezzo dei soli spigoli. Queste rappresentazioni sono fortemente ambigue anche per solidi a facce planari. Si tratta di rappresentazioni che ora vengono viste come una estensione tridimensionale degli strumenti di drafting e non come strumenti di modellazione di solidi.

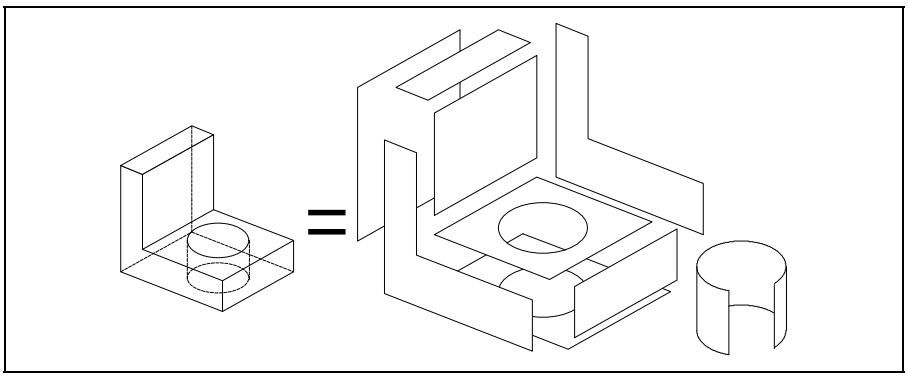


Figura 5.18: Esempio di rappresentazione boundary.

Successivamente alle rappresentazioni wire frame si è passati alle rappresentazioni di tipo boundary, o b-rep(2), che descrivono il solido per mezzo delle sue facce. Inizialmente i sistemi boundary si limitavano alla rappresentazione di facce planari, poi si è passati a quelle cilindriche, coniche, sferiche e toroidali; solo ultimamente si sono resi disponibili sistemi boundary in grado di rappresentare

(2) Il termine b-rep è utilizzato frequentemente come bbreviazione di Boundary Representation.

ere definito con procedure che differiscono solamente nella sequenzializzazione degli operatori.

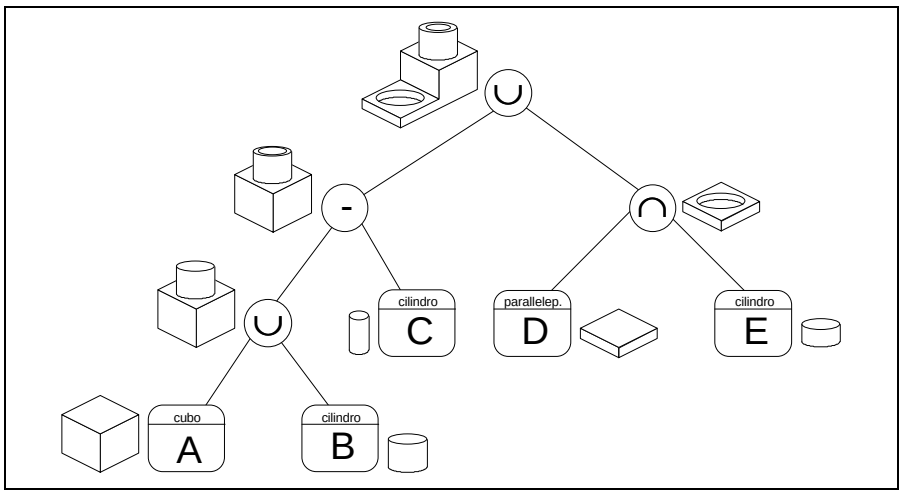


Figura 5.20: Un esempio di albero CSG.

Numerosi algoritmi di geometria computazionale sono stati realizzati e raffinati per le rappresentazioni CSG. Queste rappresentazioni sono implicite e numerose operazioni sul modello richiedono l'esplicitazione delle informazioni in esso contenute. Un classico algoritmo di questo tipo è la boundary evaluation, cioè la determinazione della corrispondente rappresentazione boundary ottenuta a partire da un albero CSG.

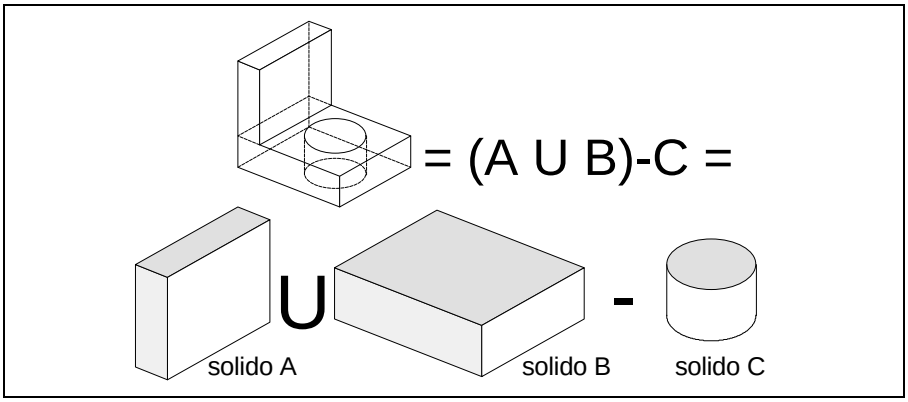


Figura 5.22: Esempio di rappresentazione CSG.

Uno schema di rappresentazione recentemente diffusosi è la rappresentazione per caratteristiche di forma (*form features*). Si tratta di una rappresentazione analoga a quella CSG in cui le primitive solide sono sostituite da macro primitive, più aderenti alle esigenze del contesto applicativo di utilizzo del sistema CAD. Questa tecnologia non ha ancora raggiunto la completa maturità e numerose sono le diatribe ancora aperte in ambito accademico sul significato del termine form features. I limiti principali di questi schemi di rappresentazioni sono la forte specializzazione delle form features: ad esempio features del contesto della progettazione aeronautica sono totalmente differenti dalle features della progettazione automobilistica.

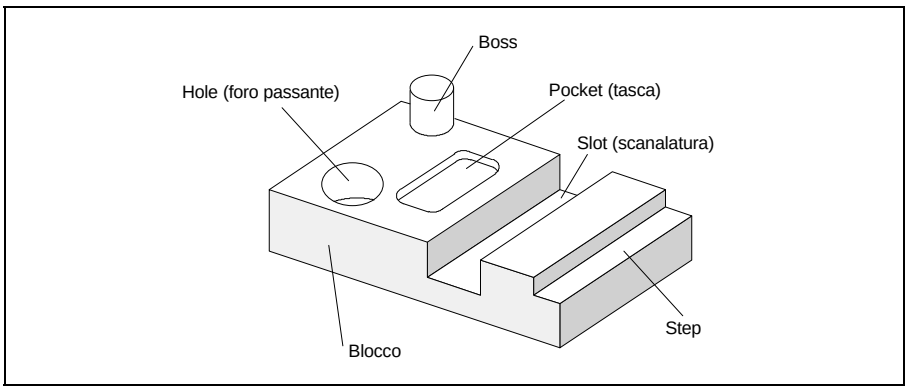


Figura 5.24: Esempio di rappresentazione features-based.

6
Sistemi a variabilità dimensionale

dimensionale[1] del disegno ha evidenziato l'esistenza di ampie possibilità di miglioramento delle funzionalità e della fruibilità delle attuali tecnologie CAD. Questi sistemi dimostrano che non è sufficiente realizzare il passaggio da sistemi 2D a sistemi 3D utilizzando modellatori di solidi o di superfici per aumentare la flessibilità degli strumenti CAD, ma che è anche necessario individuare maggiori spazi di flessibilità nel contesto degli strumenti utilizzati. Si sta dunque delineando una tendenza evolutiva che privilegia l'aumento di flessibilità rispetto all'ampliamento del dominio geometrico. Questa evoluzione è da considerare attentamente perché è in grado di portare rapidamente e con costi contenuti ad un significativo aumento di produttività di progettisti e disegnatori [12].

6.1. Funzionalità

La variabilità dimensionale del disegno è la principale caratteristica in grado di fornire la flessibilità richiesta dagli utenti nell'impiego dei sistemi CAD. Supportato dalle funzionalità di variabilità dimensionale, il disegnatore può modificare il valore di parametri che rappresentano raggi, angoli e distanze. Il cambiamento di un parametro, ad esempio la lunghezza di un segmento, causa la corrispondente variazione dell'entità geometrica cui il parametro è associato ed inoltre induce la propagazione di variazioni alle entità geometriche connesse direttamente o indirettamente all'entità modificata. Tramite questo processo di propagazione delle modifiche, l'intero disegno si riconfigura assumendo nuove forme e dimensioni. La propagazione è guidata da regole analoghe a quelle con cui un disegnatore esperto modificherebbe il disegno a fronte della medesima

---

([1]) Con il termine *sistemi a variabilità dimensionale* si intende riferire la categoria dei sistemi comunemente detti parametrici o variazionali. E' stata utilizzata una denominazione differente da quella comune in quanto i termini *parametrico* e *variazionale* sono stati svuotati di significato dall'uso improprio fatto a fini commerciali dai produttori di software.

variazione; pertanto il disegno ottenuto è sempre significativo e coerente con le aspettative del disegnatore. Le funzionalità di variabilità dimensionale del disegno sono utilizzate da progettisti e disegnatori per differenti scopi:

Editing del disegno. Il progettista crea delle rappresentazioni grafiche del pezzo sino dalle prime fasi della progettazione, quando numerose dimensioni sono ancora incerte e suscettibili di variazioni; con il procedere del processo di progettazione, l'insieme di vincoli, prove e valutazioni impone precise scelte sulla morfologia e sulle dimensioni del pezzo. Disponendo di un sistema CAD con funzionalità di variabilità dimensionale, il progettista può utilizzarlo già nelle fasi iniziali della progettazione così da poter modificare successivamente le dimensioni del progetto di massima con nuovi valori. Utilizzando in questo modo le funzionalità di modifica dimensionale, il progettista beneficia del supporto del sistema CAD, usualmente limitato alla fase di messa in bella del progetto, anche nelle fasi preliminari della progettazione.

Generazione di nuovi disegni per modifica di disegni esistenti. Il progettista che in un progetto riscontra forti similarità con un lavoro eseguito precedentemente, usualmente riutilizza il corrispondente modello CAD riadattandolo, con opportune modifiche alle nuove specifiche. Mentre nei sistemi CAD non-parametrici questa operazione richiede un paziente lavoro di cancellazione e rifacimento di intere parti del disegno, con un sistema CAD che offre funzionalità di variabilità dimensionale il disegnatore è in grado di ottenere più rapidamente il risultato desiderato: egli agisce sulle dimensioni interessate alle variazioni e lascia al sistema il compito di rideterminare congruentemente l'intero disegno.

Creazione di librerie di parti parametriche. Il progettista esperto, avendo acquisito una sufficiente padronanza del sistema CAD e disponendo di funzionalità di variabilità dimensionale, può realizzare agevolmente dei modelli parametrici non più limitati alla soluzione di un singolo problema ma che risolvono una intera classe di problemi. Questi modelli possono essere raggruppati in una libreria e resi disponibili all'intero ufficio di progettazione con evidenti vantaggi di congruenza, compattezza e manutenibilità rispetto alle usuali librerie di parti. Ad esempio, un progettista che si occupa frequentemente di alberi di trasmissione con particolari caratteristiche, può realizzare un modello parametrico che rappresenti l'intera famiglia di alberi oggetto del suo lavoro. Se il

modello è stato definito adeguatamente, ogni albero appartenente a quella classe potrà essere ottenuto direttamente dal modello originale con poche modifiche dimensionali ed eventualmente completato con i dettagli richiesti. La varietà degli oggetti rappresentabili da un unico modello parametrico è legata alle potenzialità del sistema parametrico utilizzato.

6.2. Vincoli

Le semplici informazioni geometriche relative al disegno, quali coordinate di punti, equazioni di rette, ecc., non sono sufficienti per supportare le funzionalità tipiche dei sistemi a variabilità dimensionale. Per gestire correttamente la modifica dimensionale di un disegno tecnico sono necessarie altre informazioni. Il sistema CAD deve rappresentare, oltre alla geometria, anche quegli aspetti del disegno che risultano invarianti rispetto alle operazioni di modifica dimensionale. Queste informazioni invarianti sono i vincoli. In letteratura si utilizza usualmente la seguente classificazione, per alcuni aspetti discutibile, delle tipologie di vincoli:

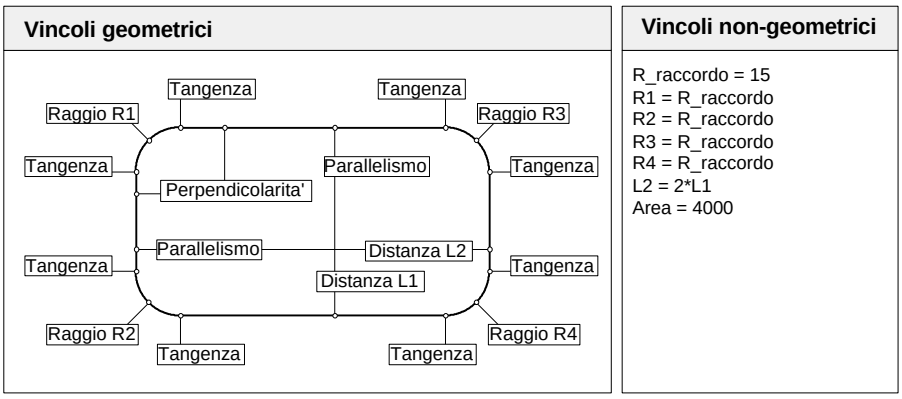


Figura 6.2: Esempio di vincoli geometrici e vincoli non-geometrici.

Vincoli geometrici. Impongono il rispetto di particolari proprietà o relazioni geometriche, quali tangenza, parallelismo, ecc. Sono rappresentabili facilmente dal sistema in forma di equazioni. In alcuni sistemi devono essere esplicitati dal progettista per via grafica in altri sistemi sono riconosciuti automaticamente sul disegno.

Vincoli non-geometrici. Impongono delle condizioni su grandezze che usualmente definiscono o sono definite da grandezze geometriche quali i raggi, gli angoli, le distanze, ecc. E' lasciato all'utente il compito di esplicitare le equazioni corrispondenti. Chiaramente

questi vincoli non possono essere riconosciuti o acquisiti automaticamente dal sistema CAD ma devono essere impostati direttamente dal progettista.

Se si considera ad esempio, un rettangolo i cui quattro vertici sono stati raccordati con archi di circonferenza, illustrato in Figura 6.2, si possono individuare alcuni vincoli geometrici quali le condizioni di tangenza degli archi con i segmenti ed il parallelismo tra le due coppie di segmenti. Sulla stessa figura potrebbero inoltre essere imposti alcuni vincoli non-geometrici per forzare l'uguaglianza dei quattro raggi di raccordo, nonché un rapporto tra le distanze relative alle coppie di segmenti paralleli; un ulteriore vincolo non-geometrico potrebbe imporre il valore dell'area della figura.

6.3. Tecniche di parametrizzazione

I sistemi CAD in grado di fornire funzionalità di modifica dimensionale sono apparsi sul mercato solo recentemente, dopo numerosi anni di permanenza nei laboratori di università e centri di ricerca. In questo periodo si sono sviluppate varie scuole che hanno proposto differenti approcci con cui affrontare il problema della variabilità dimensionale. I punti in cui le varie scuole si differenziano sono sostanzialmente:

Acquisizione dei vincoli. I vincoli possono essere: 1) dichiarati direttamente dall'utente; 2) acquisiti automaticamente dal sistema CAD processando il solo disegno; 3) acquisiti processando il disegno congiuntamente alle modalità utilizzate dal disegnatore nella sua costruzione;

Rappresentazione dei vincoli. I vincoli vengono gestiti sulla base di una rappresentazione interna che può essere: 1) rappresentazione in un formato ad alto livello che consente l'individuazione di una soluzione per via simbolica, prima che numerica; 2) strutture ad albero o a grafo attraversate da opportuni algoritmi di ricerca e calcolo della soluzione; 3) rappresentazione di basso livello in termini di equazioni;

Risoluzione dei vincoli. Le tecniche di risoluzione sono fortemente legate alle modalità di rappresentazione utilizzate; si possono comunque distinguere due tipi di solutori: 1) solutori locali o passo-passo che risolvono piccoli gruppi di vincoli ad ogni passo, come ad esempio l'insieme di vincoli che determinano la geometria di un'arco; 2) solutori globali che risolvono parallelamente tutti i vincoli procedendo per approssimazioni successive.

Nel seguito vengono presentati i principali approcci classificati per modalità di rappresentazione e gestione dei modelli parametrici. Altri schemi di classificazione si possono trovare in [13], [14], [15] e [16]. La tendenza attuale di sviluppo è verso l'integrazione delle caratteristiche migliori di ciascun approccio, come proposto da Aldefeld in [17].

6.3.1. Approccio "di programmazione"

Le prime ed ancora oggi più diffuse applicazioni commerciali per il disegno parametrico sono basate su un approccio detto di programmazione. Secondo questo approccio, un disegno parametrico viene descritto da un algoritmo codificato in un linguaggio di programmazione. La maggioranza dei sistemi CAD offre all'utente un linguaggio di programmazione ad hoc, più o meno evoluto, con cui accedere alle risorse interne di calcolo geometrico, visualizzazione grafica e memorizzazione. Tra questi linguaggi nominiamo ad esempio AutoLISP per AutoCAD [18], LPG [19] per GBG DraftMaker, CVMAC [20] per CADDS4x, UPL [21] per Personal Designer, Drafting Programming Language [22] di I-DEAS e BasicCAD per DesignCAD 3-D [23]. Questi strumenti di programmazione sono utilizzati dagli utenti più esperti per realizzare programmi, erroneamente denominati programmi parametrici, per la creazione di parti ricorrenti. Alcuni di questi linguaggi presentano specifiche istruzioni per la realizzazione di veri programmi di tipo parametrico. Un tipico programma parametrico, in esecuzione, richiede all'utente alcuni valori, usualmente corrispondenti alle dimensioni principali del pezzo, ed automaticamente determina le dimensioni ausiliarie e la geometria dell'intero disegno. Il risultato viene quindi visualizzato e inserito nella struttura dati del sistema CAD così da essere utilizzabile esattamente come un disegno realizzato manualmente.

Questi programmi sono un primo esempio rudimentale di funzionalità parametriche ma non offrono alcuna possibilità di modifica del disegno prodotto e, poiché non rappresentano esplicitamente l'insieme di vincoli, come descritto in [24] e [25], sono utilizzabili solamente per la generazione di nuovi disegni, che però sono non-parametrici. Questi limiti operativi, unitamente ai problemi di codifica in un linguaggio di programmazione, hanno fortemente ostacolato l'utilizzo di questi strumenti riservandoli a progettisti con competenze ed interessi nel campo informatico oppure a gruppi di lavoro con dimensioni ed organizzazione tali da giustificare l'impiego di un programmatore.

6.3.2. Approccio "variazionale"

Il primo tentativo di rappresentare e gestire modelli CAD a geometria variabile si è avuto con i sistemi variazionali introdotti da V.C.Lin, R.A.Light e D.C.Gossard del

MIT nel 1981, [26], sulla base di studi iniziati da I.C.Braid ed R.C.Hilliard nel 1978 [27]. D.C.Gossard propone di rappresentare i vincoli che caratterizzano un disegno tecnico, siano essi geometrici o non-geometrici, per mezzo di equazioni. Per determinare una soluzione che soddisfi l'insieme di vincoli imposti, le singole equazioni vengono raggruppate a formare un unico sistema. Il sistema, usualmente di grosse dimensioni, viene risolto con algoritmi basati su tecniche numeriche iterative. L'approccio variazionale è di grande interesse in quanto consente di operare su un ampio dominio cioè tutti i problemi di progettazione che possono essere descritti in termini di equazioni. I maggiori limiti dei sistemi variazionali, sono legati alla definizione esplicita dei vincoli ed alla stabilità numerica degli algoritmi di ricalcolo. Figura 6.4 illustra un tipico problema legato all'impiego di tecniche numeriche di soluzione. Utilizzando un sistema CAD variazionale si può talvolta sperimentare come le configurazioni geometriche ottenute a fronte della modifica dei valori di alcune dimensioni parametrizzate, non siano determinate solamente dai valori assegnati alle dimensioni ma risentano anche della storia delle variazioni dimensionali precedentemente apportate al disegno. Ciò significa che a volte, pur operando le stesse modifiche parametriche, si ottengono disegni differenti solo a causa dell'ordine differente con cui le modifiche sono state effettuate. Benché questo approccio sia utilizzabile anche per la gestione di modelli tridimensionali, tutte le applicazioni oggi presenti sul mercato si limitano al contesto bidimensionale. Tra i sistemi variazionali presenti sul mercato segnaliamo il modulo per la geometria variazionale del sistema I-DEAS di SDRC [28] ed il sistema di modellazione Eureka [29], [30] di Cad.Lab.

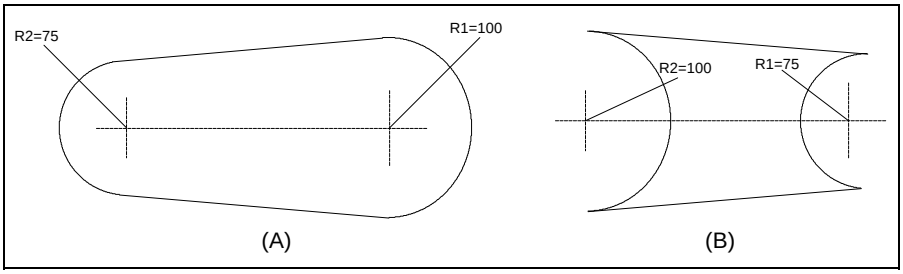


Figura 6.4: Un tipico problema di convergenza numerica per i sistemi variazionali: invertendo i valori di R1 ed R2 la figura (A) degenera in (B).

6.3.3. Approccio "basato su regole"

L'approccio basato su regole si avvale di tecniche di intelligenza artificiale per gestire un modello parametrico rappresentato con fatti e regole. Ciascun vincolo di rilievo relativo al disegno viene espresso da una fatto o da una regola in una base di conoscenza. Un opportuno sistema esperto, che opera sulla base di conoscenza, è così in grado di determinare la geometria corrispondente all'insieme dei valori

assegnati ai parametri dimensionali. L'approccio basato su regole è stato introdotto da F.Kimura dell'Università di Tokyo, [31], e si è successivamente diffuso con numerose varianti e caratterizzazioni. E' un approccio di grande interesse in quanto svincola la variabilità dimensionale dai problemi di calcolo tipici dei sistemi variazionali: in questo approccio è il sistema esperto ad individuare una strategia con cui valutare sequenzialmente, e non in blocco, i vincoli del modello. Attualmente non sono presenti sul mercato sistemi CAD a variabilità dimensionale basato su regole; questa assenza è probabilmente dovuta alle notevoli risorse computazionali richieste da questi strumenti per operare su casi reali di progettazione. Tra i limiti di questo approccio vi è il problema della definizione di una interfaccia utente che consenta al progettista di definire per via grafica ed interattiva i fatti e le regole senza dovere acquisire competenze a lui estranee.

6.3.4. Approccio "procedurale-relazionale"

Nei paragrafi precedenti sono stati evidenziati tre requisiti essenziali per un sistema a variabilità dimensionale:

1. Fornire al progettista un sistema che generi modelli numericamente stabili, con comportamento prevedibile e coerente con le sue aspettative.
2. Adottare tecniche di risoluzione dei vincoli che operino sequenzialmente consentendo al progettista un controllo sul processo di risoluzione e che supportino meccanismi di spiegazione delle scelte effettuate dal sistema e delle cause degli errori rilevati.
3. Collegare strettamente l'insieme dei vincoli rappresentabili dal modello a variabilità dimensionale alle modalità di lavoro del progettista realizzando una adeguata interfaccia utente che unisca in un unico momento la fase di disegno con la fase di definizione dei vincoli.

L'approccio procedurale-relazionale introdotto da U.Cugini, F.Folini ed I.Vicini nel 1988, [32], si caratterizza per questi requisiti. Questo approccio propone di rappresentare il modello parametrico con entità geometriche connesse da relazioni. Ciascuna relazione rappresenta uno dei vincoli utilizzati dal progettista nella definizione del disegno. Sulla base di questo approccio sono stati realizzati alcuni sistemi CAD prototipali, tra cui il sistema GIPS (Graphic Interactive Parametric System) [13], [32], [33], [34], che catturano automaticamente i vincoli nella fase di disegno e generano le corrispondenti relazioni. La valutazione del modello, a fronte di una operazione di modifica dimensionale, adotta una strategia che raffina il semplice attraversamento degli elementi geometrici secondo la sequenza di

creazione. Questo approccio si basa sulla seguente osservazione: nel contesto della progettazione e del disegno tecnico, la sequenza di operazioni con cui si realizza un disegno e le modalità di definizione della geometria non sono casuali ma esprimono, seppure implicitamente, una serie di vincoli estremamente significativi. Quando questi vincoli sono raccolti ed organizzati in un modello procedurale-relazionale che si fa carico del loro soddisfacimento essi garantiscono la congruenza del disegno e l'aderenza di questo alle aspettative del progettista, anche a fronte di modifiche dimensionali. Da un punto di vista teorico questo approccio non è generale quanto l'approccio variazionale in quanto non consente al progettista di definire nuove tipologie di vincoli ma operativamente garantisce risultati congruenti. Risulta inoltre facilitata la costruzione di una interfacce utente di semplice ed intuitivo utilizzo che automatizzano la fase di parametrizzazione mascherandola nella fase di definizione del disegno.

6.4. Rappresentazione dei vincoli nei sistemi variazionali

La rappresentazione variazionale di un modello CAD bidimensionale si basa sulla gestione di un insieme di vincoli geometrici e dimensionali che usualmente comprendono:

- Appartenenza di un punto ad una retta
- Distanza punto-punto
- Raggio di una circonferenza
- Inclinazione di una retta sull'orizzontale
- Tangenza retta-circonferenza
- Tangenza circonferenza-circonferenza
- Concentricità tra circonferenze
- Congelamento delle coordinate di un punto

Nel seguito vengono descritti questi vincoli indicandone la corrispondente rappresentazione in forma di equazioni. Non vengono per semplicità presentati i possibili vincoli individuabili nello spazio tridimensionale tra entità mono, bi e tridimensionali.

6.4.1. Appartenenza di un punto ad una retta.

Dato un punto $p = (x_p, y_p)$ ed una retta l descritta dall'equazione $y = mx + q$ vediamo come esprimere il vincolo di appartenenza di p ad l in funzione dell'inclinazione α e della distanza ρ di l dall'origine.

Esprimiamo *m* e *q* in funzione di α e ρ:

$$q = \frac{r}{\cos a}$$

$$m = \mathrm{tg}\, a$$

Sostituiamo *m* e *q* nell'equazione di *l* ottenendo:

$$y = x\frac{\sin a}{\cos a} + \frac{r}{\cos a}$$

e quindi, imponendo il passaggio per *p*, otteniamo la forma implicita:

$$y_p \cos a - x_p \sin a - r = 0$$

6.4.2. Distanza punto-punto

Dati due punti $p_1 = (x_1, y_1)$ e $p_2 = (x_2, y_2)$, il vincolo che impone il valore della distanza tra p_1 e p_2 pari a d_{12} si esprime utilizzando la distanza euclidea:

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = d_{12}$$

che assume la forma implicita:

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} - d_{12} = 0$$

6.4.3. Raggio circonferenza

Data una circonferenza *c*, descritta dall'equazione $(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 - r_c^2 = 0$ il vincolo che impone il valore del raggio r_c è dato dalla semplice equazione implicita:

$$r_c - \bar{r} = 0$$

6.4.4. Angolo retta.

Data una retta *l*, il vincolo che impone l'inclinazione α della retta è dato dalla semplice equazione implicita:

$$a - \bar{a} = 0$$

6.4.5. Tangenza retta-circonferenza

Data una retta *l*, $y\cos a - x\sin a - r = 0$ una circonferenza *c*, definita da $(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 - r_c^2 = 0$, porre un vincolo di tangenza equivale ad imporre il valore della distanza tra *l* ed il centro della circonferenza, (x_c, y_c), pari a r_c:

$$y_c \cos a - x_c \sin a - r - r_c = 0$$

6.4.6. Tangenza circonferenza-circonferenza

Date due circonferenze c_1, $(x - x_{c_1})^2 + (y - y_{c_1})^2 - r_{c_1}^2 = 0$, e c_2, definita da $(x - x_{c_2})^2 + (y - y_{c_2})^2 - r_{c_2}^2 = 0$, porre un vincolo di tangenza equivale ad imporre il valore della distanza tra i centri della circonferenze, (x_{c_1}, y_{c_1}) e (x_{c_2}, y_{c_2}), pari alla somma dei raggi, se le circonferenze sono esterne, o alla differenza dei raggi, se sono interne. L'equazione per circonferenze tangenti interne pertanto è:

$$\sqrt{(x_{c_1} - x_{c_2}) + (y_{c_1} - y_{c_2})^2} - (r_1 + r_2) = 0$$

mentre per circonferenze tangenti interne, c_2 interna a c_1 è:

$$\sqrt{(x_{c_1} - x_{c_2}) + (y_{c_1} - y_{c_2})^2} - (r_1 - r_2) = 0$$

6.4.7. Concentricità

Date due circonferenze c_1, definita da $(x - x_{c_1})^2 + (y - y_{c_1})^2 - r_{c_1}^2 = 0$, e c_2, definita da $(x - x_{c_2})^2 + (y - y_{c_2})^2 - r_{c_2}^2 = 0$, porre un vincolo di concentricità equivale a porre un'uguaglianza tra le coordinate dei centri:

$$\begin{cases} x_{c_1} - x_{c_2} = 0 \\ y_{c_1} - y_{c_2} = 0 \end{cases}$$

6.4.8. Congelamento coordinate di un punto

Questo vincolo, usualmente denominato GROUND, impone un valore costante alle coordinate di un punto. Usualmente un solo punto del disegno viene reso GROUND; in alcuni sistemi è possibile congelare singolarmente una coordinata e lasciare libera l'altra.

Dato un punto $p = (x, y)$ congelare le coordinate di *p* significa introdurre due vincoli descritti dalla coppia di equazioni:

$$\begin{cases} y - \bar{y} = 0 \\ x - \bar{x} = 0 \end{cases}$$

6.5. Soluzione dei vincoli nei sistemi variazionali

I vincoli utilizzati dai sistemi variazionali, usualmente un insieme più ampio di quelli descritti, sono sempre rappresentati da una equazione lineare o non lineare nella forma:

$$f_i(x, y) = 0 \quad i = 1,2,...,m$$

dove *m* è il numero di vincoli.

Per ottenere una soluzione i vincoli vengono raggruppati in un vettore **f** di vincoli:

$$\mathbf{f}^T = (f_1, f_2, ..., f_m)$$

Nella definizione del modello variazionale viene inoltre individuato un vettore geometrico **x**, costituito dalle coordinate dei punti, dal valore di angoli ed offset delle rette. Tale vettore contiene inizialmente i valori corrispondenti alla geometria attuale, quella definita inizialmente dall'utente, ed è destinato a contenere i valori della geometria aggiornata, quando questi vengono generati dagli algoritmi di calcolo:

$$\mathbf{x}^T = (x_1, \mathsf{K}\ , x_n)$$

Il modello variazionale utilizza anche un vettore che contiene i valori di dimensioni e parametri imposti dall'utente. Questi sono i valori su cui l'utente agisce per variare dimensionalmente la rappresentazione di un oggetto. Il vettore **d** è definito come:

$$\mathbf{d}^T = (d_1, \mathsf{K}\ d_n)$$

Possiamo affermare che una geometria **x** soddisfa i vincoli espressi se:

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{d}) = \mathbf{0}$$

Dato un nuovo insieme di dimensioni o parametri, cioè un nuovo vettore **d**, per ottenere la corrispondente configurazione geometrica, cioè un nuovo vettore **x**, che soddisfi ai vincoli espressi, il sistema variazionale utilizza tecniche di calcolo numerico di tipo iterativo: generalmente viene impiegato l'algoritmo di Newton-Raphson o un suo raffinamento. Questo algoritmo richiede il calcolo dello Jacobiano, **J**, una matrice $(m \times n)$ contenente le derivate parziali di ciascuna equazione vincolo rispetto a ciascun grado di libertà cioè a ciascun elemento del vettore **x**.

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix}$$

dove:

$$f_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x_j}$$

Il vettore **x**, corrispondente alla geometria creata dall'utente, è tale per cui, assumendo **d** un nuovo insieme di valori, si ha che $\mathbf{f}(\mathbf{x},\mathbf{d}) \neq \mathbf{0}$. Una nuova geometria **x'** può essere stimata utilizzando la geometria precedente, cioè **x**, nell'equazione

$$\mathbf{x}' = \mathbf{x} - \mathbf{J}^{-1}\mathbf{f}(\mathbf{x},\mathbf{d})$$

Questo calcolo viene ripetuto più volte, utilizzando **x**' per ottenere una nuova stima, sino a che $\mathbf{f}(\mathbf{x},\mathbf{d})$ diviene sufficientemente piccolo. Quando questo accade **x** contiene una valida approssimazione della soluzione ed il calcolo può dirsi terminato con successo. Non vi è alcuna certezza che questo accada; pertanto l'algoritmo iterativo si arresta nel caso in cui l'errore non scenda al di sotto di una soglia fissata dopo un numero massimo di iterazioni, stabilito a priori. Nel caso di successo, il sistema variazionale ha generato tutte le informazioni per ricreare la nuova geometria.

6.6. Un esempio di modello variazionale

Per chiarire i meccanismi di calcolo e la gestione dei vincoli in un sistema variazionale viene presentato un esempio di definizione e soluzione per un semplice profilo bidimensionale illustrata in Figura 6.6. Il problema consiste nel definire un modello variazionale di un triangolo in cui sia possibile variare la lunghezza di due lati e l'angolo tra essi compreso conservando la natura triangolare della figura, la sua posizione ed orientazione.

I vertici del triangolo sono costituiti dai punti:

$$p_1 = (x_1, y_1)$$
$$p_2 = (x_2, y_2)$$
$$p_3 = (x_3, y_3)$$

mentre i lati sono costituiti dalle rette l_1, l_2 ed l_3, rispettivamente nella forma:

$$y\cos a_1 - x\sin a_1 - r_1 = 0$$
$$y\cos a_2 - x\sin a_2 - r_2 = 0$$
$$y\cos a_3 - x\sin a_3 - r_3 = 0$$

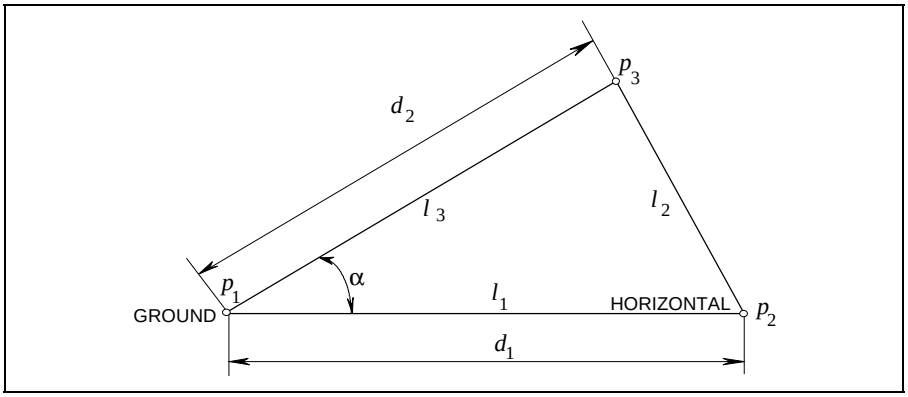


Figura 6.6: Un profilo variazionale triangolare.

Per ottenere il tipo di variabilità indicata è necessario esprimere un insieme sufficiente e non ridondante di vincoli. Per l'esempio sono stati scelti i seguenti vincoli:

1. $\text{angolo}(l_3) = \text{angolo}(l_1) + \overline{a}$.
2. $\text{angolo}(l_1) = \overline{b} \quad (\overline{b} = 0)$
3. $p_1 = (\overline{x}, \overline{y})$
4. $\text{distanza}(p_1, p_2) = \overline{d}_1$
5. $\text{distanza}(p_1, p_3) = \overline{d}_2$
6. $p_1 \in l_3$
7. $p_3 \in l_2$
8. $p_3 \in l_3$
9. $p_2 \in l_2$
10. $p_2 \in l_1$
11. $p_1 \in l_1$

Ciascun vincolo viene espresso in forma di equazione non lineare ed i vincoli vengono raggruppati in un vettore **f**:

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} a - \bar{b} \\ a_3 - a_1 - \bar{a} \\ x_1 - \bar{x} \\ \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} - \bar{d}_1 \\ \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2} - \bar{d}_2 \\ y_1 \cos a_3 - x_1 \sin a_3 - r_3 \\ y_3 \cos a_3 - x_3 \sin a_3 - r_3 \\ y_3 \cos a_2 - x_3 \sin a_2 - r_2 \\ y_2 \cos a_2 - x_2 \sin a_2 - r_2 \\ y_2 \cos a_1 - x_2 \sin a_1 - r_1 \\ y_1 \cos a_1 - x_1 \sin a_1 - r_1 \end{bmatrix}$$

Viene quindi individuato un vettore geometrico **x** costituito dalle coordinate dei punti, da angoli ed offset delle rette; nell'esempio scelto **x** assume il valore:

$$\mathbf{x}^T = (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, a_1, r_1, a_2, r_2, a_3, r_3)$$

Il vettore **d** dei termini noti corrispondenti ai parametri impostati dall'utente del sistema variazionale assume il valore:

$$\mathbf{d}^T = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{x}, \bar{y}, \bar{d}_1, \bar{d}_2)$$

A questo punto il sistema di equazioni è completamente impostato e può essere risolto numericamente per determinare un nuovo vettore **x'** che rappresenti la geometria corrispondente alla nuova configurazione di parametri.

6.7. Un esempio di modello parametrico

Al fine di chiarire con un esempio le potenzialità dei sistemi parametrici, in contrapposizione ai sistemi variazionali, viene presentato un modello parametrico, illustrato in Figura 6.8, che rappresenta due figure geometriche elementari, un triangolo ed un cerchio, ove è satata imposta l'uguaglianza tra le rispettive aree. La figura triangolare è controllata da tre parametri, *a*, *b* e *c*, corrispondenti alle lunghezze dei tre lati, mentre la figura circolare è controllata per mezzo del raggio *r* dalle regole che impongono l'uguaglianza delle aree. Viene ora descritta la procedura di definizione che, come evidenziato in precedenza, assume particolare importanza nei sistemi parametrici.

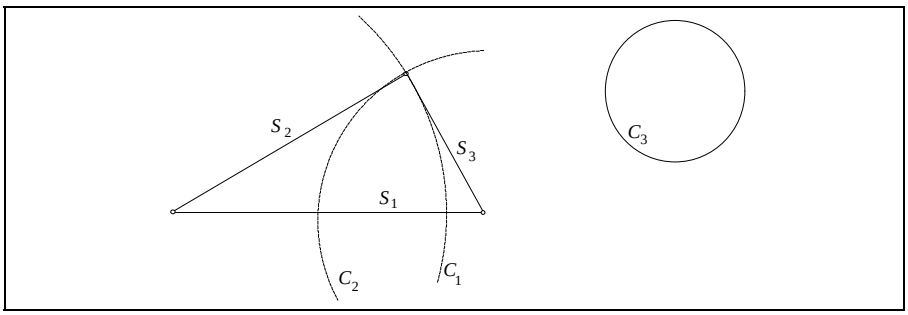


Figura 6.8: Un modello relazionale.

Per ottenere un triangolo parametrizzato rispetto ai tre lati, si utilizza una semplice costruzione geometrica, ricordando che ciascuna modalità di costruzione impone automaticamente il corrispondente insieme di vincoli:

1. si traccia il primo lato fissando un estremo, in questo caso nell'origine, e definendo in coordinate relative l'altro estremo;
2. si tracciano due circonferenze centrate negli estremi del primo lato aventi raggio pari alla lunghezza dei due lati rimanenti;
3. si individua il terzo estremo del triangolo come intersezione delle due circonferenze e lo si congiunge agli estremi del lato esistente.

Completato il disegno si definisce una variabile *Area* che assume il valore dell'area del triangolo calcolata, essendo noti i lati *a*, *b*, e *c*, con il teorema di Erone:

$$Area = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

dove il semi perimetro *p* è dato da:

$$p = \frac{a+b+c}{2}$$

Completata la definizione del triangolo, si traccia una circonferenza centrata in un punto di coordinate costanti, non parametrizzate, e si assegna ad un nuovo parametro *r* il controllo del corrispondente raggio. Per ottenere l'eguaglianza tra le aree delle due figure è ora sufficiente ridefinire il valore del parametro *r* con la formula:

$$r = \sqrt{\frac{Area}{p}}$$

Utilizzando l'interfaccia grafica del sistema parametrico, questo modello può essere realizzato rapidamente per via interattiva.

Comando	**argomento 1**	**argomento 2**	**commento**
Crea Segmento	puntoIn(0,0)	dx 100, dy 0	crea S1
Crea Cerchio	estremoDi(S_1)	raggio 60	crea C1
Crea Cerchio	estremoDi(S1)	raggio 70	crea C2
Crea Cerchio	puntoIn(120,40)	raggio 25	crea C3
Crea Segmento	estremo(S1)	intersezioneTra(C1,C2)	crea S2
Crea Segmento	estremo(S1)	intersezioneTra(C1,C2)	crea S3
Crea Parametro	seleziona(S1)	dx *a*	crea *a*
Crea Parametro	seleziona(C1)	raggio *b*	crea *b*
Crea Parametro	seleziona(C2)	raggio *c*	crea *c*
Crea Parametro	seleziona(C3)	raggio *r*	crea *r*
Cancella	C1		cancella C1
Cancella	C2		cancella C2
Crea Parametro	*p*	(*a*+*b*+*c*)/2	crea *p*
Crea Parametro	*Area*	sqrt(*p*(*p*-*a*)(*p*-*b*)(*p*-*c*))	crea *Area*
Modifica	seleziona(*r*)	sqrt(*Area*/*pi*)	modifica *r*

Tabella 6.1.

In Tabella 6.1. viene fornito l'elenco di comandi del sistema a variabilità dimensionale corrispondenti alle operazioni eseguite nella definizione del modello; si è utilizzata una semplice sintassi di un ipotetico sistema CAD; sarà semplice per il lettore individuare i corrispondenti comandi dello specifico sistema parametrico utilizzato.

In questo modello si individuano facilmente i parametri indipendenti, cioè quei parametri il cui valore può essere variato dall'utente (*a*, *b* e *c)*, ed i parametri dipendenti, cioè quei parametri il cui valore è definito da un'espressione ed è calcolato dal sistema (*p*, *Area* ed *r)*.

Il modello parametrico realizzato è dunque terminato ed utilizzabile: può essere variato nelle dimensioni oppure utilizzato per generare altre geometrie. Variando i valori dei parametri indipendenti, si possono ottenere tutte le coppie triangolo-cerchio che rispettano le relazioni definite. L'assegnazione di un nuovo valore ad uno o più parametri liberi attiva il calcolo automatico dei parametri dipendenti e la generazione della corrispondente geometria.

7
Organizzazione del lavoro e sistemi CAD

In questo capitolo si analizza l'impiego di un sistema CAD in un gruppo di progettazione nel contesto di uno studio indipendente oppure dell'ufficio tecnico di una azienda meccanica. Vengono analizzate alcune situazioni con differenti configurazioni degli strumenti software, con varie disponibilità di hardware ed all'interno di differenti soluzioni organizzative. Questa analisi si propone di evidenziare l'impatto di queste tecnologie sulla struttura organizzativa, sul processo di progettazione e sulle caratteristiche di competitività dell'ambiente. Sono state individuate come particolarmente significative alcune situazioni abbastanza ricorrenti e rappresentative di diversi livelli di utilizzo e di integrazione delle tecnologie CAD. Le situazioni ritenute maggiormente rappresentative sono descritte nelle pagine seguenti in alcuni scenari. Per ciascuno scenario vengono descritte le funzionalità software degli strumenti disponibili e le caratteristiche delle componenti hardware di supporto presenti nello studio; viene descritta l'organizzazione in cui questi strumenti sono stati inseriti ed analizzati brevemente i processi di progettazione che hanno subito un impatto dall'introduzione di queste tecnologie.

7.1. Scenario A: strumenti tradizionali

Come primo scenario si prende in considerazione un ambiente di progettazione che non utilizza alcuna tecnologia CAD e che adotta un processo di progettazione di tipo tradizionale. In questo contesto l'intera attività di progettazione viene effettuata manualmente: i progettisti realizzano degli schemi di massima dei singoli componenti meccanici e quindi i disegnatori producono, con opportune revisioni, i disegni dettagliati di riferimento. I risultati della progettazione vengono formalizzati e descritti con disegni realizzati al tecnigrafo; le revisioni al progetto sono fatte direttamente su lucido con notevole dispendio di tempo ed energie; l'archiviazione avviene su supporto cartaceo on conseguenti problemi di ingombro, deperibilità e tempi di accesso alle informazioni. A favore di questo tipo di organizzazione vi sono:

- utilizzo pieno delle competenze professionali del personale meno giovane e più esperto: la conservazione delle tecniche più tradizionali di progettazione e disegno consente di utilizzare senza traumi le competenze acquisite nel passato;
- investimento minimo o nullo in attrezzature informatiche: questo punto assume con il tempo importanza minore visto il continuo diminuire dei prezzi di strumenti hardware e software;
- limitati costi di formazione ed aggiornamento professionale per progettisti e disegnatori: le tecniche più tradizionali non richiedono corsi di formazione ed aggiornamento esterni in quanto possono esere gestiti interamente con risorse interne.

Questa configurazione implica ovviamente anche degli svantaggi che divengono evidenti nel contesto di concorrenza con strutture che presentano un qualche livello di automazione ed informatizzazione. In particolare sono evidenti i seguenti limiti:

- immagine obsoleta e poco dinamica fornita dallo studio e dai disegni e/o documenti prodotti: il proporre una immagine più moderna e dinamica potrebbe favorire l'acquisizione di nuovi clienti e aumentare il grado di soddisfazione dei clienti già acquisiti;
- difficoltà o impossibilità nello scambio di dati con strutture fortemente automatizzate, siano esse fornitrici di specifiche o acquirenti dei progetti: questo punto assume particolare importanza in contesti dove per proporsi come fornitori è necessario dimostrare di possedere le competenze e gli strumenti per supportare uno scambio dati in formato digitale;
- preoccupanti dimensioni del ritardo tecnologico: questo elemento causa improvvisi ed elevati costi nel momento in cui si decide di riallineare la struttura con le realtà tecnologicamente più avanzate;
- ambiente di lavoro poco stimolante per i progettisti ed i disegnatori più giovani che richiedono l'utilizzo di tecnologie più moderne: questo fattore ha un peso determinante nella costruzione di un patrimonio di risorse umane qualificate ed in grado di garantire prospettive future allo studi/ufficio di progettazione;
- difficoltà nel sostenere la concorrenza dovuta ai tempi più lunghi nella progettazione e produzione di disegni: per commesse in cui i tempi di completamento e consegna sono un fattore critico la disponibilità di adeguate tecnologie diviene un fattore critico;

- minore reattività alle esigenze del mercato ed alle richieste dei clienti: la minore flessibilità degli strumenti e dell'organizzazione tradizionale porta a tempi di risposta più lunghi ed a maggiori inerzie nello svolgimento dei lavori.

7.2. Scenario B: prima informatizzazione

Si analizza ora come scenario B un ambiente di progettazione in cui si sono da poco introdotti degli strumenti CAD, in particolare strumenti per il disegno come ad esempio AutoCAD oppure GBG DraftMaker. In questo contesto gli strumenti disponibili sono utilizzati limitatamente alle funzionalità 2D, principalmente come sostituti degli strumenti più tradizionali del disegno quali ad esempio il tecnigrafo. La configurazione hardware comprende alcune stazioni di lavoro autonome dotate di tastiera, schermo grafico e tavoletta grafica o mouse; le stazioni di lavoro non sono connesse in rete locale, è inoltre presente un elaboratore connesso ad una stampante laser oppure ad un plotter per la riproduzione su carta dei disegni, plotting.

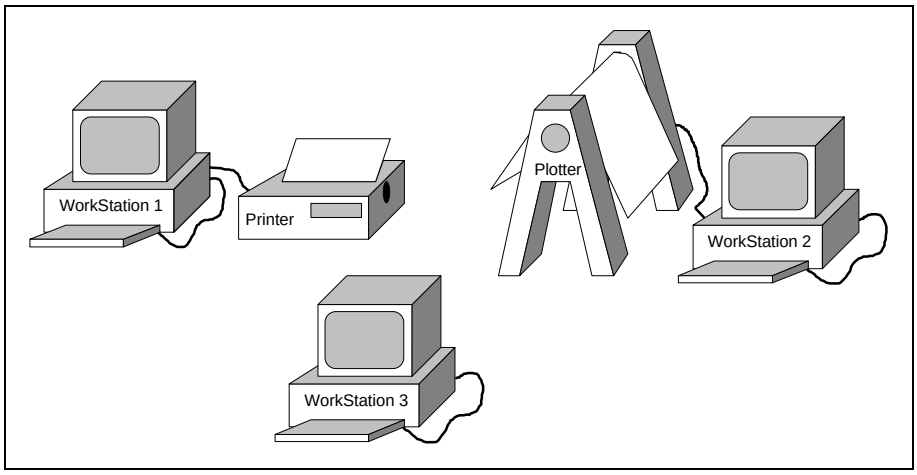


Figura 7.1: scenario B.

Nella analisi di questo scenario è poco significativo il tipo di elaboratore disponibile in ciascun posto di lavoro, si suppone di trovarsi in presenza di un elaboratore con capacità di elaborazione sufficiente a supportare le funzioni di disegno 2D; la presenza di sistemi UNIX oppure di sistemi MS-DOS non modifica in modo significativo lo scenario. Ciascuna stazione è utilizzata da un singolo progettista o disegnatore; i trasferimenti di dati e disegni da una stazione ad un altra in corrispondenza delle diverse fasi del lavoro di progettazione avviene

esclusivamente ed inevitabilmente via floppy disk o altro supporto magnetico. I documenti di riferimento sono sempre i disegni e non i corrispondenti modelli memorizzati su supporto elettronico. In questo scenario si ipotizza la disponibilità in ciascuna stazione di lavoro di una libreria, acquisita da terze parti, sufficientemente ricca di pezzi e particolari standardizzati. Non è invece disponibile una libreria ``locale'' di pezzi e particolari ricorrenti; questo è presumibilmente dovuto alla limitata esperienza acquisita nell'impiego delle nuove tecnologie ed ai limiti della configurazione hardware che rende difficoltoso l'interscambio di dati e disegni tra stazioni di lavoro. Analizzando questo scenario e rapportandolo agli scenari precedenti si possono individuare alcune caratteristiche positive:

- rapidità nella esecuzione dei disegni, soprattutto se confrontata con l'impiego di strumenti tradizionali: se nell'ambito del disegno tecnico un disegnatore esperto al tecnigrafo è difficilmente superabile in termini di velocità da un operatore CAD, i tempi sono nettamente a favore dell'operatore CAD quando nel disegno compaiono parti ripetitive, simmetrie, campiture, testi, ecc.
- uniformità, elevata qualità grafica e accuratezza dei disegni e documenti prodotti: è la conseguenza dell'impiego di un sistema di plotting, scompaiono alcuni elementi legati al gusto ed alla mano personale dei singoli disegnatori con i vantaggi presentati.
- riduzione del lavoro di routine: alcuni lavori di routine possono essere completamente automatizzati, come ad esempio le campiture e la rappresentazione di particolari normalizzati recuperati da una libreria
- automazione di operazioni ripetitive come la generazione di copie e varianti del disegno: recuperando un disegno precedente si possono ottenere rapidamente una serie di varianti con semplici operazioni di *editing* del disegno.
- aggiornamento tecnologico dell'ufficio di progettazione e del personale: questo vantaggio è difficilmente quantificabile ma favorisce una rapida acquisizione di nuove tecnologie e consente di proporre una immagine dell'ufficio decisamente moderna.
- ambiente di lavoro stimolante soprattutto per i dipendenti più giovani e più dinamici: questo fattore consente all'ufficio di attirare nuovi progettisti e disegnatori e di farli crescere professionalmente accrescendo il patrimonio umano dell'ufficio.

In questo scenario potranno presentarsi dei problemi legati alla riconversione di personale poco disponibile ad utilizzare le nuove tecnologie. Questo fattore umano

è difficilmente valutabile a priori ma comunque legato alle modalità di introduzione delle tecnologie; per una trattazione di queste problematiche si veda [35].

7.3. Scenario C: integrazione delle risorse

Questo scenario presenta uno studio di progettazione con risorse software analoghe a quelle dello scenario precedente, comprendenti un sistema CAD impiegato limitatamente alle funzionalità 2D. Le stazioni di lavoro sono ora meglio integrate e connesse in rete locale (LAN); le risorse sono ora condivise tra più stazioni; pertanto non è più necessario copiare i propri dati e trasferirli sulla stazione di plottaggio per ottenere delle copie su carta del disegno ma ciascun utente può accedere al plotter direttamente dal suo posto di lavoro.

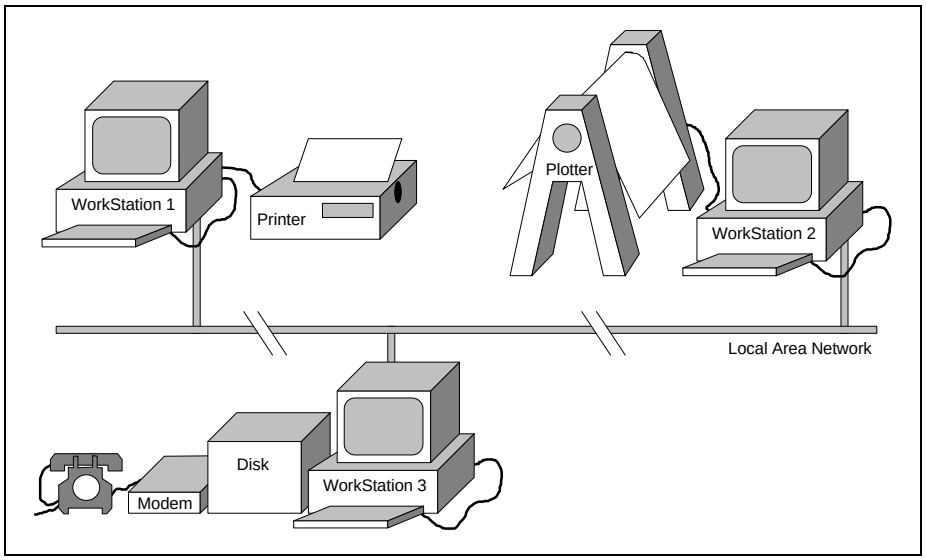


Figura 7.3: scenario C.

La condivisione dei dispositivi di memorizzazione consente di gestire una copia unica della libreria dei normalizzati, con evidenti vantaggi di manutenibilità, ed inoltre consente di organizzare e gestire una libreria “locale” di parti e parti ricorrenti. pertanto ciascun disegnatore ogni volta che individua in un disegno una di queste parti può accedere alle librerie per acquisirne una copia. E’ presente inoltre un dispositivo per comunicazione dati su linea telefonica, *modem*, con cui inviare e ricevere disegni e dati verso clienti e da fornitori. Il modem, per motivi di

sicurezza non è condiviso ma utilizzabile solamente dalla stazione di lavoro di un responsabile. Le caratteristiche positive che presenta questo scenario sono:

- elevata flessibilità della struttura: i progettisti possono utilizzare le stazioni di lavoro più potenti nelle fasi che richiedono maggiore potenza di calcolo ed utilizzare gli elaboratori meno potenti nelle fasi di semplice disegno, senza alcuna necessità di spostare fisicamente i dati;
- flessibilità dei servizi forniti: in tempi brevi è possibile accantonare un progetto ed attivarne un altro. Inoltre più disegnatori possono lavorare su di un progetto operando su singoli particolari, assemblati solo successivamente in un unico disegno;
- tempi di risposta dell'ufficio di progettazione alle richieste dei clienti molto ridotti: infatti la gestione elettronica dell'archivio unita alla flessibilità della struttura consente di rispondere rapidamente alle esigenze e richieste dei cliente;
- condivisione di dati e posti di lavoro tra progettisti e tra disegnatori con evidenti vantaggi nei tempi di riorganizzazione e ridistribuzione delle risorse;
- accumulo di un patrimonio aziendale in termini di esperienza e capacità tecnologica: si tratta di un vantaggi non facilmente quantificabile che garantisce all'ufficio la rapida acquisizione di ulteriori progressi tecnologici;
- drastica riduzione delle operazioni maggiormente ripetitive dovuta oltre che ai motivi descritti nello scenario precedente anche alla disponibilità di una libreria di disegni, locale all'ufficio ad all'azienda, facilmente e rapidamente accessibile;
- forte standardizzazione nei progetti e nella qualità grafica dei documenti prodotti, nell'accuratezza e nell'uniformità: si tratta di un vantaggi legato all'automazione delle attività più ripetitive, all'impiego di librerie di disegno ad all'uso di strumenti di riproduzione su carta, come il plotter;
- incremento delle comunicazioni tra operatori, disegnatori o progettisti, con competenze complementari ottenendo una significativa riduzione dei tempi di stabilizzazione dei progetti: questo aspetto può essere ulteriormente ampliato con l'impiego di strumenti evoluti di posta elettronica che svincolano la comunicazione dalla presenza delle persone interessate nello stesso luogo e nello stesso istante.

- rapida reperibilità dei dati e disegni, non deperibilità degli stessi e limitato ingombro degli archivi di disegni grazie alla gestione in forma digitale su supporto magnetico: anche in questo caso per organizzazioni non piccolissime sono disponibili degli strumenti di gestione degli archivi che garantiscono dei tempi di recupero delle informazioni molto ridotti e soprattutto offrono strumenti avanzati di ricerca all'interno dell'archivio. Va evidenziato che il continuo ridursi dei costi dei supporti di memorizzazione consente di conservare una mole sempre maggiore di dati in modo che siano accessibili al progettista direttamente dalla sua stazione di lavoro;
- comunicazioni veloci con fornitori e clienti: questo vantaggio è legato soprattutto all'impiego di strumenti semplici ed economici come il modem che svincolano il trasferimento di dati dallo spostamento materiale del supporto fisico.

7.4. Scenario D: strumenti avanzati

Con questo scenario si prende in considerazione un ufficio di progettazione che dispone di un sistema CAD evoluto e ne utilizza sia le funzionalità di disegno 2D che le funzionalità di modellazione 3D. Questo scenario presuppone la disponibilità di uno strumento CAD sufficientemente avanzato per supportare la modellazione di insiemi complessi. Corrispondentemente alla disponibilità degli strumenti software si ipotizza la presenza di adeguate risorse hardware che garantiscano la completa fruibilità delle risorse software. Anche in questo caso non è di particolare interesse analizzare il tipo si sistema software di base presente; sia il sistema UNIX che il sistema MS-DOS, sebbene con modalità differenti, supportano questo tipo di attività e le caratteristiche di condivisione delle risorse descritte nei paragrafi precedenti. Lo studio di progettazione è inserito in un contesto di forte automazione ed informatizzazione; pertanto gli utenti dei servizi offerti dall'ufficio beneficiano direttamente dell'elevato livello tecnologico degli strumenti software presenti. Questo significa che i modelli solidi vengono inviati direttamente in forma digitale/numerica ai responsabili della produzione per la pianificazione delle lavorazioni e la generazione dei percorsi utensili. Questo fattore è estremamente importante per queste nuove tecnologie che si giustificano e valorizzano solo in presenza di ambienti di progettazione e produzione fortemente integrati e tecnologicamente avanzati. Caratteristiche positive dello scenario sono, otre ai vantaggi elencati per lo scenario precedente, i seguenti:

- elevata produttività, in termini di progettazione; questo fattore viene valorizzato solo in un contesto opportunamente integrato, altrimenti

- possibilità di ottenere elevati livelli di integrazione con i processi di produzione e manifattura;
- verifica diretta sul modello CAD di un vasto insieme di proprietà e caratteristiche altrimenti testabili solo mediante la realizzazione di prototipi; questo fattore può portare ad una riduzione del “time to market”: di assoluto rilievo rispetto a scenari meno avanzati.
- integrazione diretta con strumenti software per la modellazione ed analisi ad elementi finiti;
- possibile interfacciamento diretto con strumenti di stereolitografia o tecnologie analoghe per una rapida prototipazione del progetto;
- immagine moderna e tecnologicamente avanzata dell’ufficio di progettazione, questo può significare maggiori possibilità di successo in competizioni sul libero mercato;
- ambiente di lavoro fortemente stimolante e pertanto ad elevata produttività: se opportunamente gestite le nuove tecnologie di progettazione possono essere proposte ai progettisti come occasioni professionalmente qualificanti.

Come indicato nel paragrafo tutti questi vantaggi sono vincolati a scelte organizzative e di mercato opportune; pertanto gli aspetti negativi sono tutti quelli che possono scaturire da una cattiva organizzazione. Si può pertanto concludere che la semplice acquisizione di tecnologie CAD avanzate non garantisce di per sé tutti i vantaggi elencati se non accompagnata da opportune scelte organizzative e di selezione e formazione degli utenti.

8
Alcuni sistemi CAD

In questo capitolo vengono descritte le caratteristiche e le funzionalità di alcuni sistemi CAD selezionati sulla base di criteri di significatività e di rilevanza rispetto agli argomenti trattati. Per meglio collocare i diversi sistemi CAD rispetto agli argomenti trattati, viene proposta una classificazione basata su tre caratteristiche principali: copertura geometrica, variabilità dimensionale e tipo di rappresentazione. Si tratta di una classificazione tra le tante possibili che non ha ambizioni di rigore formale ma che viene proposta principalmente come strumento di orientamento in un mercato in cui è non è sempre facile cogliere, al di là degli slogan commerciali, le caratteristiche essenziali dei sistemi CAD disponibili all'utente.

8.1. Copertura geometrica

Nei sistemi CAD la descrizione di un oggetto, usualmente un pezzo meccanico, è limitata alle sole caratteristiche geometriche. Alcuni sistemi adottano forme di rappresentazione basate sulle tradizionali regole del disegno tecnico e si limitano a riprodurre le funzionalità di un tecnigrafo tradizionale: l'oggetto viene rappresentato bidimensionalmente con modalità analoghe a quelle adottate in un documento cartaceo. Si può pertanto dire che questi sistemi rappresentano e memorizzano modelli del documento e non modelli dell'oggetto. Altri sistemi riproducono più fedelmente le caratteristiche spaziali e dimensionali dell'oggetto reale o meglio di una sua descrizione matematica. Le rappresentazioni spaziali possono limitarsi alla semplice descrizione degli spigoli, oppure comprendere una descrizione delle superfici che delimitano l'oggetto oppure descrivere completamente i volumi in termini di regioni dello spazio $\mathbf{R}^3$ occupate dall'oggetto. Ciascuna di queste rappresentazioni presenta vantaggi e svantaggi; in generale si può affermare che più completa è una rappresentazione maggiore è la dimensione dei corrispondenti modelli su elaboratore e più complessi sono i programmi di gestione; tuttavia più sono complete sono le rappresentazioni utlizzate, più aderente alla realtà sono i corrispondenti modelli e dunque utilizzabili anche per attività diverse dalla semplice disegnazione.

Nel contesto della classificazione proposta, si individuano alcune categorie di rappresentazioni geometriche:

Disegno (2D). Rientrano in questa categoria i sistemi in grado di rappresentare e gestire in $\mathbf{R}^2$ geometrie mono dimensionali come linee, segmenti, archi, circonferenze, spline, ecc. Questi sistemi rappresentano l'oggetto mediante i tradizionali formalismi del disegno tecnico basato su proiezioni e sezioni. Alcuni di questi sistemi sono stati estesi alla rappresentazione di aree, cioè entità bidimensionali in $\mathbf{R}^2$.

Wire Frames. Con questo termine, *filo di ferro*, si indicano i modelli prodotti da sistemi CAD che estendono le tecniche del disegno tecnico alle tre dimensioni rappresentando e gestendo, in $\mathbf{R}^3$ geometrie mono dimensionali come linee, spline, ecc.;: l'oggetto viene descritto per mezzo di spigoli e vertici. Questi sistemi soffrono dei grossi problemi di ambiguità della rappresentazione e della difficoltà nel rappresentare e visualizzare geometrie che non presentano spigoli come ad esempio facce cilindriche e sferiche.

Superfici. Questa categoria comprende i sistemi capaci di rappresentare e gestire in $\mathbf{R}^3$ superfici planari, cilindriche, parametriche, ecc. Utilizzando queste geometrie si possono descrivere le superfici che delimitano l'oggetto. Questi sistemi si prestano alla generazioni di immagini ombreggiate dell'oggetto ma non risolvono completamente le ambiguità della rappresentazione descritte per i sistemi wire-frame.

Solidi. Solo alcuni sistemi CAD hanno le capacità funzionali e algoritmiche per rappresentare e gestire correttamente l'oggetto in termini volumetrici. Queste rappresentazioni, indubbiamente le più complete e meno ambigue, offrono notevoli vantaggi in termini di non ambiguità e facilitano l'impiego dei modelli CAD nelle attività di produzione e manifattura dell'oggetto.

8.2. Rappresentazione

In un sistema CAD, un elemento geometrico può essere rappresentato in modi differenti. Alcuni oggetti, come la maggior parte dei componenti meccanici e degli elementi architettonici, sono efficacemente rappresentabili in forma analitica; altri oggetti, tipici del contesto aeronautico, navale ed automobilistico, sono rappresentabili in forma parametrica. Si tratta di una distinzione sulla matematica utilizzata dal sistema CAD al suo interno che implica una differenziazione sul tipo

di oggetti modellabili. La capacità di un sistema di rappresentare e gestire elementi rappresentati in forma parametrica è dunque un fattore fortemente caratterizzante. Le forme di rappresentazione prese in considerazione sono:

Analitica. Linee, archi, piani, parallelepipedi, cilindri ecc. sono descrivibili direttamente o indirettamente, per mezzo delle loro facce, in forma analitica come $y=f(x)$ nel contesto bidimensionale e come $z=f(x,y)$ nel contesto tridimensionale.

Parametrica. Superfici e solidi non riconducibili a geometrie analitiche vengono usualmente rappresentati in forma parametrica. Ad esempio una superficie in $\mathbf{R}^3$ può essere rappresentata come $\mathbf{P}(u,v) = \left[\mathrm{x}(u,v), \mathrm{y}(u,v), \mathrm{z}(u,v)\right]$. Rientrano in questa categoria curve e superfici di Bézier, Spline, B-spline, Nurbs, ecc.

8.3. Variabilità dimensionale

Un'ultima caratteristica presa in considerazione nella classificazione dei sistemi CAD è la capacità di rappresentare e gestire modelli con gradi di variabilità dimensionale e morfologica, come visto nel Capitolo 7. I sistemi che posseggono questa caratteristica sono usualmente detti sistemi *parametrici* o *variazionali*. Il termine parametrico è utilizzato in questo caso con un differente significato rispetto al punto precedente in cui si è accennato a curve e superfici parametriche: in questo caso, si fa riferimento alla possibilità di modificare i valori di alcune dimensioni o parametri dell'oggetto, quali ad esempio raggi, lunghezze, angoli, ecc. Questa caratteristica individua due categorie di sistemi:

Sistemi basati su modelli dimensionalmente costanti. Si tratta di sistemi che non consentono alcuna variazione dimensionale dell'oggetto ad esclusione delle usuali trasformazioni lineari quali traslazione, rotazione e scalatura, operate su parte o su tutto il modello.

Sistemi basati su modelli dimensionalmente variabili. I sistemi in grado di gestire modelli dimensionalmente variabili offrono le funzionalità descritte consentendo all'utente/progettista una notevole flessibilità nel proprio lavoro come discusso dettagliatamente nel Capitolo 7.

8.4. Classificazione di alcuni sistemi CAD

Nel seguito viene presentata una breve rassegna di alcuni sistemi CAD classificati secondo le modalità proposte. Questa rassegna non ha alcuna pretesa di completezza ma ha il solo scopo di esemplificare l'impiego degli schemi proposti.

8.4.1. AutoCAD

Sistema	AutoCAD
Ultima versione	13
Moduli di interesse	AME (modellatore di solidi) AutoCAD Designer (modulo parametrico) AutoSurf (modellatore di superfici)
Produttore	Autodesk, Inc. Sausalito CA (USA)
Piattaforme disponibili	Personal Computer MS-DOS, Apple Macintosh, workstation UNIX

Tabella 8.2

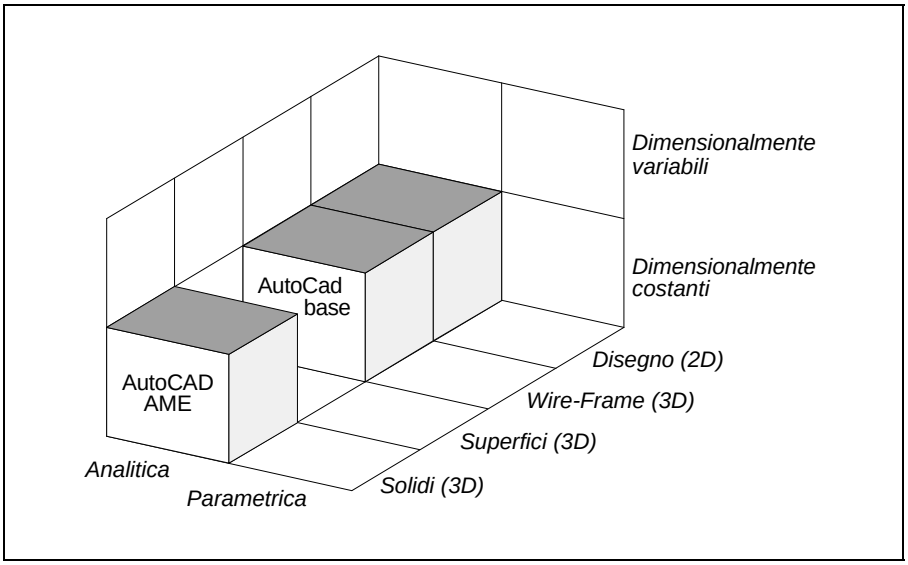


Figura 8.2: Dominio geometrico.

8.4.2. GBG DraftMaker

Sistema	GBG DraftMaker GBG Parametric
Ultima versione	GBG DraftMaker Versione 5.0
Moduli di interesse	GBG Parametric (modulo parametrico) GBG Amec (progettazione meccanica) GBG Norm (gestione normalizzati) GBG Raster (gestore immagini raster)
Produttore	Cad.Lab SpA, Casalecchio di Reno (BO)
Piattaforme disponibili	Personal Computer MS-DOS workstation UNIX workstation VMS

Tabella 8.4

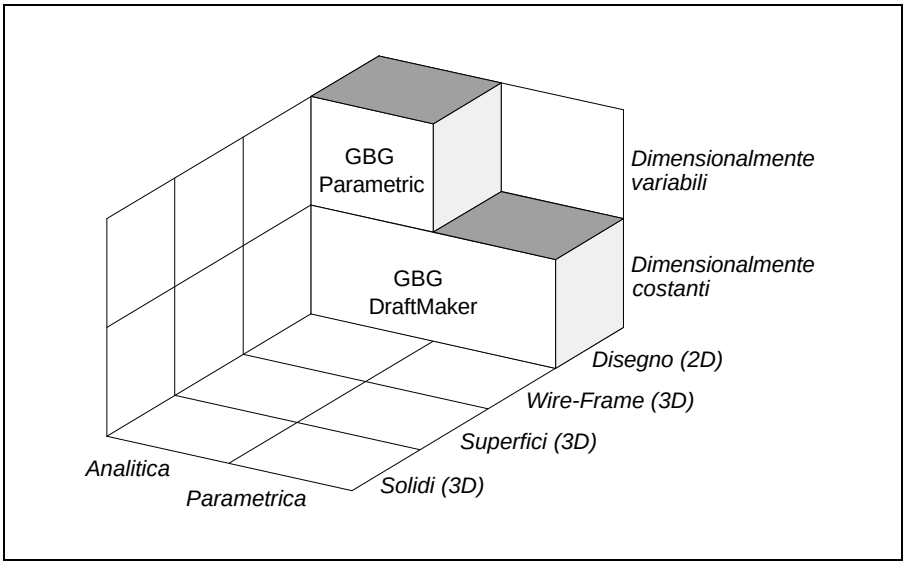


Figura 8.4: Dominio geometrico.

8.4.3. Eureka

Sistema	Eureka
Ultima versione	4.5, in rilascio la versione 5.0
Moduli di interesse	Eureka Superfici Eureka Solidi Eureka CAM Eureka FEM
Produttore	Cad.Lab SpA, Casalecchio (BO)
Piattaforme disponibili	workstation UNIX

Tabella 8.6

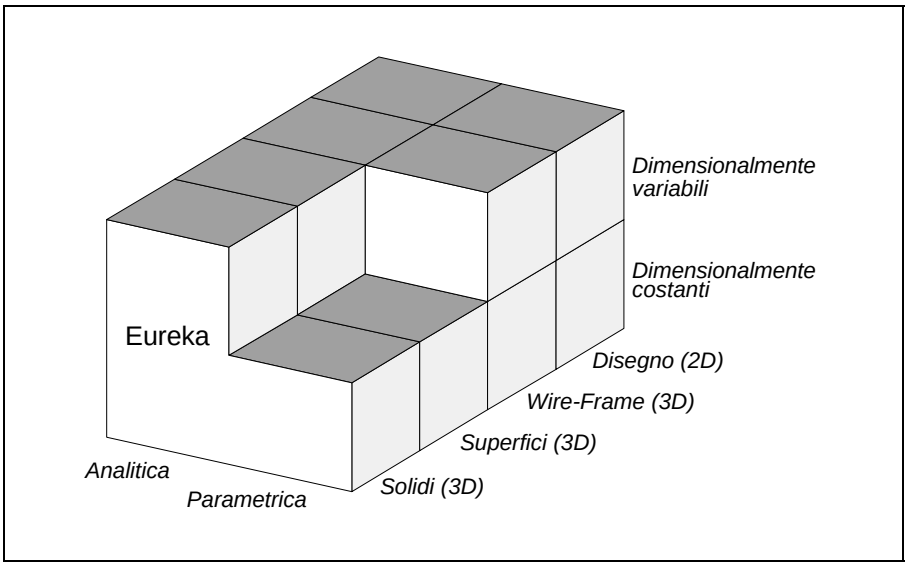


Figura 8.6: Dominio geometrico.

8.4.4. SDRC I-DEAS

Sistema	I-DEAS (Integrated Design Engineering Analysis Software)
Ultima versione	Master Series v. 1.3
Moduli di interesse	I-DEAS Design I-DEAS Drafting I-DEAS Simulation I-DEAS Test I-DEAS Manufacturing
Produttore	SDRC Structural Dynamics Research Corp., Milford OH (USA)
Piattaforme disponibili	workstation UNIX

Tabella 8.8

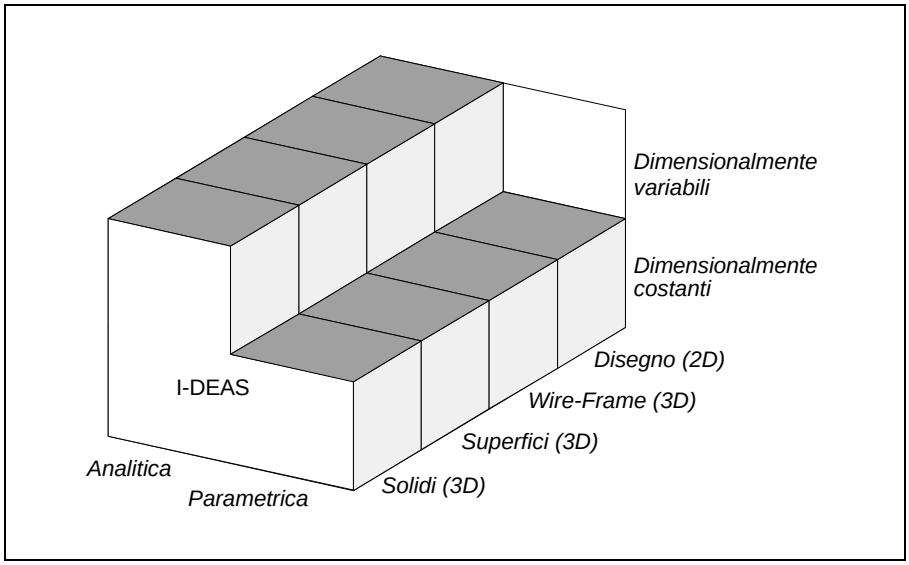


Figura 8.8: Dominio geometrico.

8.4.5. Unigraphics

Sistema	Unigraphics
Ultima versione	9.0
Moduli di interesse	UG Solids (modellatore di solidi) UG Concepts (modellatore parametrico) UG Design/Drafting
Produttore	McDonnell Douglas Corp., EDS
Piattaforme disponibili	workstation UNIX

Tabella 8.10

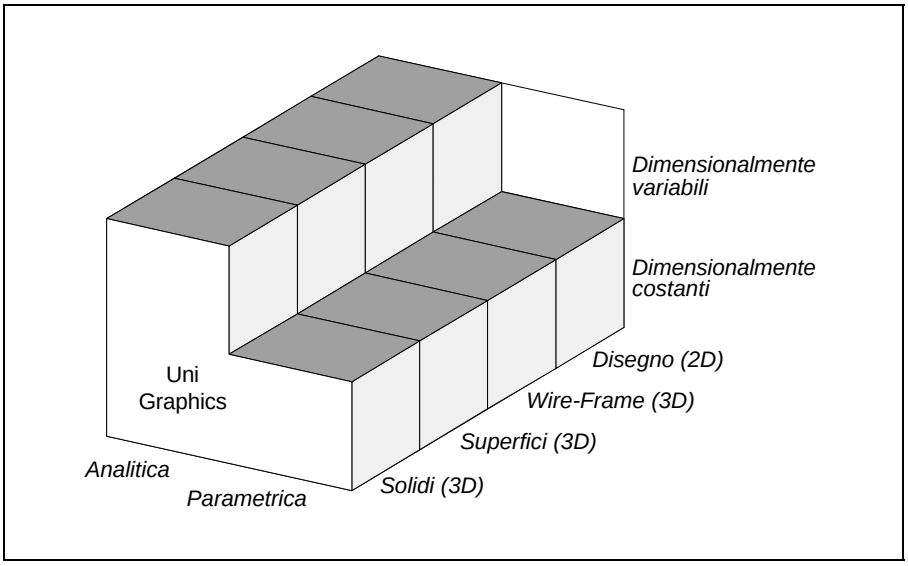


Figura 8.10: Dominio geometrico.

Appendice A
Utilizzare AutoCAD

In questa appendice viene presentato un ciclo completo di esercitazioni per l'apprendimento delle funzioni di disegno del sistema AutoCAD (AutoDesk). Le esercitazioni sono strutturate in modo da essere utilizzabili direttamente dal lettore senza la presenza di un esercitatore.

Per ulteriori informazioni e dettagli relativi all'impiego ed alle funzionalià di AutoCAD, è possibile utilizzare i manuali originali forniti con il software [36] e numerosi testi specializzati presenti in tutte le librerie, come ad esempio [37]. Le esercitazioni sono state realizzate con la versione 9 in lingua inglese del sistema ma sono state verificate anche con le versioni successive.

Introduzione

Il sistema AutoCAD, pur non presentando caratteristiche tecniche di particolare rilievo, è da considerare con grande attenzione in quanto ha attualmente una diffusione enorme sul mercato italiano ed internazionale; la software house produttrice di AutoCAD, AutoDesk, detiene la maggior parte del mercato CAD in Italia e nel mondo, sia in termini di installazioni che in posti di lavoro. Questa caratteristica porta a considerare i formati dei dati impiegati da AutoCAD, DXF e DWG principalmente, come standard *de facto* per lo scambio di informazioni geometriche tra sistemi di disegno e progettazione.

Una caratteristica di AutoCAD che ha contributo in modo determinante alla sua diffusione è l'elevato grado di configurabilità ed estendibilità ottenibili utilizzando un particolare linguaggio di programmazione denominato AutoLISP, un dialetto del linguaggio LISP. Grazie a queste caratteristiche ed alla enorme diffusione, AutoCAD vanta oggi un ricchissimo catalogo di moduli di specializzazione ed estensioni per le più diverse esigenze: pacchetti per la progettazione di particolari architettonici, strumenti per l'organizzazione e la gestione di archivi di documenti e disegni, ecc.

Il sistema AutoCAD pertanto non è da considerarsi un sistema CAD completo ma piuttosto una base applicativa da estendere nella direzione di specifiche esigenze con pacchetti applicativi di terze parti. Sono ad esempio disponibili pacchetti per la

progettazione di meccanica di specifiche famiglie di pezzi, applicativi per l'ingegneria civile ed elettronica, librerie di elementi unificati ecc.

AutoCAD presenta anche un interessante modulo per la modellazione di solidi, denominato AME (*AME Advanced Modeling Extension*) che adotta uno schema di rappresentazione CSG (*CSG Constructive Solid Geometry*) e che consente la realizzazione di modelli solidi di sufficiente complessità. Questo modulo, pur presentando caratteristiche di un certo interesse dal punto di vista della modellazione di solidi, non ha riscontrato un sufficiente gradimento tra gli utenti del sistema. Le sue maggiori carenze si riscontrano nelle geometrie parametriche, di fatto ignorate dal sistema e nella completa mancanza di variabilità dimensionale dei modelli. Inoltre è da ritenersi interessante la nuova versione di AutoCAD sviluppata in ambiente MS-Windows; questa versione migliora in parte l'interfaccia utente di AutoCAD da tutti ritenuta obsoleta e notevolmente migliorabile.

Lezione 1 Realizzare il primo disegno

Nel corso di questa prima lezione realizzeremo con il sistema AutoCAD il semplice disegno presentato in Figura A.1. Verranno introdotte le modalità base di interazione con AutoCAD, si utilizzeranno alcuni semplici comandi per il disegno di segmenti e circonferenze.

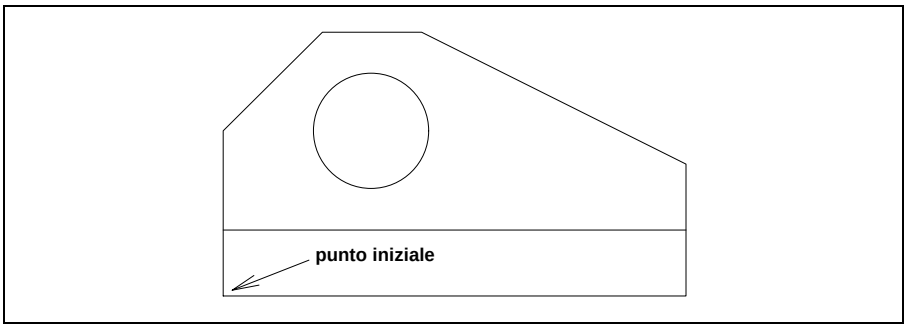


Figura A.1

1.1. Attivare il sistema AutoCAD

Per attivare il programma AutoCAD utilizziamo una delle due seguenti modalità:

1. Se il computer è una stazione di lavoro connessa ad una rete di computer accendiamo il computer e ci colleghiamo seguendo le istruzioni forniteci dal gestore della rete. Sempre seguendo le indicazioni forniteci attiviamo il programma AutoCAD.

2. Se il computer è una stazione di lavoro autonoma con un disco rigido su cui è stato installato AutoCAD, accendiamo il computer e quando il sistema operativo MS-DOS visualizza il prompt, solitamente `C:\`, ci muoviamo nella directory in cui è stato installato AutoCAD, soilitamente `C:\ACAD`, oppure in una directory opportunamente predisposta, con il comando `cd \acad`↵[1], o simile, e quindi attiviamo il programma di disegno con il comando `acad`↵.

A questo punto appare sullo schermo il menù iniziale[2] del sistema CAD, illustrato in Figura A.3, ed AutoCAD è pronto per accettare i nostri comandi e le nostre

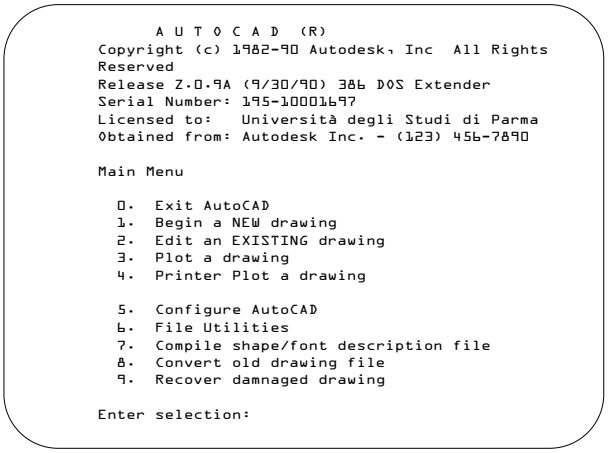

A U T 0 C A D (R)
Copyright (c) 1982-90 Autodesk, Inc All Rights Reserved
Release Z.0.9A (9/30/90) 386 DOS Extender
Serial Number: 195-10001697
Licensed to: Università degli Studi di Parma
Obtained from: Autodesk Inc. - (123) 456-7890
Main Menu
0. Exit AutoCAD
1. Begin a NEW drawing
2. Edit an EXISTING drawing
3. Plot a drawing
4. Printer Plot a drawing
5. Configure AutoCAD
6. File Utilities
7. Compile shape/font description file
8. Convert old drawing file
9. Recover damnaged drawing
Enter selection:

Figura A.3

1.2. Creare un disegno

Per creare un nuovo disegno selezioniamo l'opzione uno, del menù iniziale `Begin a new drawing` digitando *Enter selection:* `1`↵. Il programma richiede il nome con cui identificare il disegno che stiamo per realizzare; digitiamo *Enter NAME of*

---

(1) Il carattere ↵ viene utilizzato nel testo ad indicare la pressione del tasto di Return o Invio sulla tastiera.

(2) Nelle versioni più recenti di AutoCAD, dalla versione 12, si accedere direttamente all'editore grafico senza passare per il menù iniziale.

drawing: `b:lez00=`↵[3]. E' importante non dimenticare il segno uguale al termine del nome; questo segno non fa parte del nome del disegno ma sta ad indicare che desideriamo utilizzare AutoCAD con la configurazione di standard, evitando eventuali personalizzazioni e/o modifiche apportate da altri utenti. Questo segno "=" non dovrà più essere utilizzato quando riferiremo per altre operazioni il disegno avente nome lez00.

Inserito il nome del disegno, sullo schermo appare l'editore grafico di disegni.

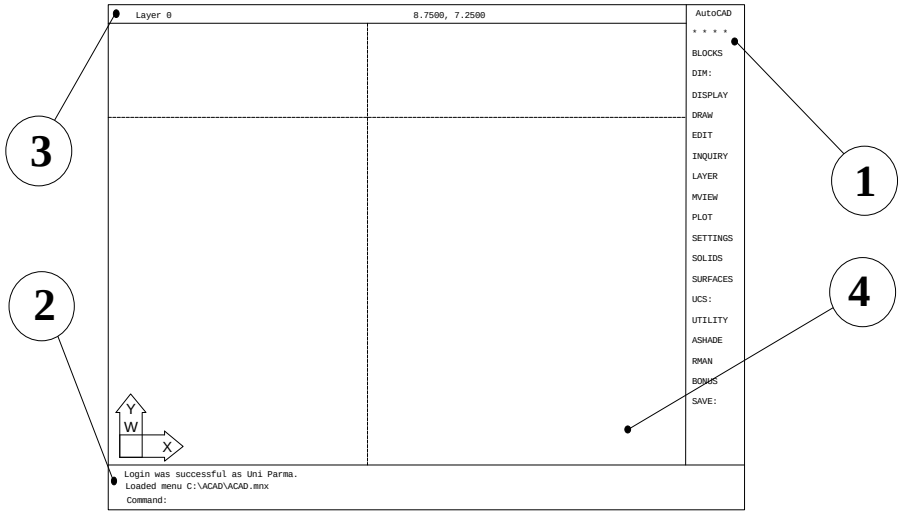


Figura A.5

Osserviamo l'editore grafico di disegni; lo schermo e' suddiviso in quattro aree funzionali come indicato in Figura A.5:

1. Il menù a schermo posto sulla sinistra; si utilizza selezionando con il tasto sinistro del mouse il comando da eseguire; nel seguito questo menù verrà indicato come menù principale.
2. In basso è visibile l'area di colloquio alfa-numerico. In questa zona vengono visualizzati i comandi che digitiamo da tastiera ed appaiono alcuni messaggi informativi di AutoCAD. E' importante abituarsi a leggere i messaggi che appaiono in questa zona, in questo modo

([3]) Il nome del disegno è composto da due parti: la prima parte "`B:`" indica il nome del disco su cui vogliamo memorizzare il disegno, mentre la seconda parte "`lez00`" indica il nome vero e proprio del disegno.

sapremo sempre quale comando AutoCAD sta eseguendo e quali input si attende da noi.

3. L'area in alto è l'area di stato; visualizza la posizione del cursore, il layer corrente, le modalità attive, ecc. Questa area contiene anche una barra di comandi che viene visualizzata quando vi si porta il cursore.
4. Il resto dello schermo è interamente disponibile per la visualizzazione del disegno.

AutoCAD rende disponibili tre modalità per l'input di comandi, per ogni operazione possiamo:

1. digitare il comando utilizzando la tastiera,
2. selezionare, con il tasto sinistro del mouse, sul menù laterale a schermo il comando,
3. selezionare il comando dai menù a tendina (*pull down menu*) che compaiono quando si seleziona un comando nella barra di stato in alto.

1.3. Iniziare a disegnare

Iniziamo ad operare con l'editore grafico premendo il tasto `[f7]` per attivare la griglia(4); la griglia è uno strumento visuale di ausilio che rende più semplice disegnare con il computer e non appare nel disegno finale. Premiamo quindi il tasto `[f6]` per richiedere la visualizzazione, nell'area di stato, delle coordinate del cursore(5). A questo punto però il cursore continua a muoversi liberamente ignorando la griglia; per vincolare le posizioni del cursore ad una griglia, non necessariamente coincidente con quella visualizzata, attiviamo la modalità detta di `Snap` premendo `[f9]`(6). Il tasto `[f9]` si comporta in modo analogo ad un

---

(4) E' possibile attivare la griglia anche con il comando `Grid` seguito dall'opzione `On` e disattivarla con l'opzione `Off`.

(5) Le coordinate che appaiono nella barra di stato posseggono tre diversi stati: 1) valori congelati, viene ignorato il movimento del cursore; 2) posizione del cursore in coordinate catesiane; 3) posizione del cursore in coordinate polari, se non è definito un punto corrente, come ad esempio in un disegno nuovo, viene visualizzata la posizione del cursore in coordinate cartesiane. Il tasto `[f6]` seleziona in modo ciclico uno tra questi tre stati.

(6) La modalità di snap può essere attivata anche con il comando `Snap` seguito dall'opzione `On` e disattivata con l'opzione `Off`.

interruttore: attiva/disattiva la modalità `snap`[7]. Se vogliamo disegnare solamente linee orizzontali o verticali, come in questo caso, selezioniamo la modalità `ortho` premendo `[f8]`. Fissiamo quindi le dimensioni del disegno su cui operare con il comando `Limits`↵; indichiamo prima le coordinate dell'angolo in basso a sinistra *ON/OFF/<lower left corner>* `-1.0, -1.0`↵ e quindi le coordinate dell'angolo in alto a destra *Upper right corner:* `12.0,9.0`↵. Definiamo ora il passo della griglia con il comando `Grid` ↵ indicando *Grid spacing(X)* `0.25`↵ e con il comando `Snap`↵ *Snap spacing:* `0.25`↵.

1.4. Disegnare una linea

Non esiste in AutoCAD un comando per disegnare un segmento di retta, l'unico strumento di cui disponiamo è il comando per disegnare delle spezzate: `Line`. Per tracciare un segmento di retta selezioniamo con il pulsante di sinistra del mouse, nel seguito indicato con `[m1]`[8], nel menù laterale la voce `Draw`, il menù laterale viene sostituito con un menù contenente tutti i comandi di disegno. Nel menù `Draw` selezioniamo con `[m1]` il comando `Line`[9] e muoviamo il cursore sullo schermo sino ad ottenere nella barra di stato le coordinate (2.00,2.00). Questo punto è indicato in Figura A.1 come punto iniziale. Premiamo il pulsante di sinistra del mouse per fissare il primo estremo della linea. Ora muoviamo il cursore nel punto di coordinate (2.00, 4.50) e premiamo nuovamente `[m1]` per fissare il secondo estremo. Vedremo apparire la prima linea del disegno.

1.5. Disegnare una spezzata con il comando LINE

Rimanendo nel comando `Line` è possibile aggiungere nuove linee concatenate con quella tracciata selezionando un nuovo estremo con il mouse. La seconda linea del disegno da realizzare è una linea inclinata di cui conosciamo le coordinate. Disattiviamo pertanto la modalità `ortho` con `[f8]`. Ora portiamo il cursore nel punto che si trova 1.5 unità in alto ed 1.5 unità a destra del punto precedente e selezioniamo con `[m1]`; alternativamente per indicare ad AutoCAD un punto in

---

([7]) E' importante rimarcare che il passo della griglia, cioè la distanza tra i singoli puntini, è completamente svincolato dal passo dello snap cioè la minima distanza orizzontale/verticale tra due posizioni del cursore.

([8]) Convenzionalmente `[m1]` indica la pressione del tasto di sinistra del mouse mentre `[m3]` indica la pressione del tasto di destra.

([9]) E' possibile anche digitare direttamente il comando `Line` da tastiera senza utilizzare i menù laterali.

coordinate relative[10], rispetto al punto disegnato precedentemente, possiamo digitare `@1.5,1.5↵`. Per eventuali correzioni è possibile selezionare l'opzione `Undo` del comando `Line` oppure digitare direttamente `Undo↵`[11]; questa opzione ripristina la situazione precedente alla selezione dell'ultimo punto. Premiamo ora `[f6]` per visualizzare nella barra di stato le coordinate del cursore in forma polare; le coordinate cartesiane assolute sono visualizzate nella forma X,Y mentre le coordinate polari sono visualizzate nella forma D<A dove D è il modulo ed A l'angolo. per definire il terzo punto della spezzata muoviamo il cursore sino al punto corrispondente alle coordinate polari (1.5<0) e selezioniamo con `[m1]` oppure digitiamo direttamente le coordinate polari[12] di questo punto con `@1.5<0↵`. Per disegnare il quarto tratto della spezzata muoviamo il cursore nel punto di coordinate assolute (9.00,4.00) e premiamo `[m1]`. Portiamo quindi il cursore nella posizione di coordinate polari (2.0<270) e selezioniamo con `[m1]` (utilizziamo ancora `[f6]` per passare dalle visualizzazione della posizione del cursore in coordinate cartesiane a quella in coordinate polari). Per chiudere la spezzata con un segmento che congiunga l'ultimo estremo con il primo a disponiamo di varie alternative:

1. digitiamo l'opzione `Close↵` del comando `Line` oppure selezioniamo l'opzione `Close` nel menù del comando `Line`,
2. portiamo il cursore nel punto di coordinate (7.0<180) e selezioniamo con `[m1]`
3. digitiamo le coordinate polari del punto con origine nell'ultimo punto inserito `@7.00<180↵`,
4. digitiamo le coordinate assolute del punto `2.00,2.00↵`.
5. digitiamo le coordinate relative del punto riferite all'ultimo punto inserito `@-7.00,0.00↵`.

Per terminare il comando `Line` premiamo ↵ oppure il pulsante destro del mouse (nel seguito indicato con `[m3]`). Per tracciare la seconda linea orizzontale

---

([10]) Le coordinate relative come quelle polari in AutoCAD sono sempre riferite all'ultimo punto utilizzato; questo punto è sempre riferito con il simbolo @. La sintassi per le `dx,dy↵`.

([11]) L'opzione UNDO del comando LINE non è da confondere con il comando UNDO che ripristina la situazione precedente agli ultimi n comandi.

([12]) Le coordinate polari sono sempre riferite all'ultimo punto utilizzato nel corso del programma e si utilizzano con la seguente sintassi: `@modulo<angolo↵`.

selezioniamo il comando `Draw` nel menù principale, a questo punto appare un nuovo menù in cui selezioniamo il comando `Line` (per selezionare un elemento di menù utilizzare `[m1]`). Portiamo il cursore nel punto (`2.00,3.00`) e premiamo `[m1]`. Selezioniamo la visualizzazione della posizione del cursore in coordinate polari con `[f6]`; portiamo il cursore nel punto (`7.00<0`) e premiamo nuovamente `[m1]`. Premiamo ora `[m3]` per interrompere il comando `Line`.

1.6. Disegnare le circonferenze

Prima di disegnare la circonferenza ci accertiamo che la modalità `Ortho` sia disattivata; se sulla barra di stato appare la scritta `Ortho` la disattiviamo con `[f8]`. La modalità `Ortho` non avrebbe comunque alcuna influenza nella definizione della circonferenza. Nello stesso modo controlliamo che sia attiva la modalità `Snap`, se sulla barra di stato non appare la scritta `Snap` attiviamo questa modalità con `[f9]`.

A questo punto il messaggio *Command:* appare nella zona di colloquio alfa-numerico; se non appare premiamo `[ctrl][C]` per interrompere il comando in esecuzione oppure selezioniamo la voce `AutoCAD` nel menù laterale a destra[13].

AutoCAD rende disponibili varie modalità per disegnare una circonferenza; la modalità più semplice consiste nel definire il centro ed il raggio. Per disegnare la circonferenza digitiamo il comando `Circle`↵ oppure nel menù `Draw` selezioniamo il comando `Circle` e l'opzione `Cen, Rad`. Portiamo il cursore nel punto di coordinate (4.25,4.50) e per definire il centro della circonferenza premiamo `[m1]`. Se in questo momento muoviamo il mouse vediamo apparire sullo schermo una circonferenza di raggio variabile centrata nel punto indicato e passante per un punto coincidente con il cursore. Ora digitiamo la misura del raggio `0.875`↵. Il nostro primo disegno è ora completo.

1.7. Memorizzare il disegno

Il disegno su cui stiamo operando si trova nella memoria centrale dell'elaboratore. Questa memoria presenta la caratteristica di essere "volatile", ciò significa che i dati memorizzati vengono perduti al termine del programma e in caso di mancanza di energia elettrica. Per ovviare a questo problema è necessario memorizzare il disegno su di un dischetto (*floppy disk*); in questo modo potremo portare con noi il disegno realizzato e lo potremo in tempi successivi riutilizzare. Per memorizzare il nostro disegno su un dischetto digitiamo il comando `Save`↵. AutoCAD chiede il

---

(13) Tutti i comandi AutoCAD possono essere interrotti in uno di questi due modi.

nome del disegno proponendo il nome da noi fornito inizialmente con *File name (lez00)*. Possiamo confermare il nome proposto premendo ↵ oppure digitare un nuovo nome seguito da ↵[14]. E' buona abitudine memorizzare il proprio disegno almeno una volta ogni 15 minuti, in questo modo ci si premunisce da accidentali perdite del disegno.

Lezione 2 Quotare un disegno

In questa lezione quoteremo il disegno realizzato nella lezione precedente, ottenendo il risultato in Figura A.7; verranno utilizzati i principali comandi per la quotatura[15] di un disegno e verranno analizzate alcune modalità di selezione di punti notevoli. Inoltre verranno approfondite le modalità di selezione di punti notevoli.

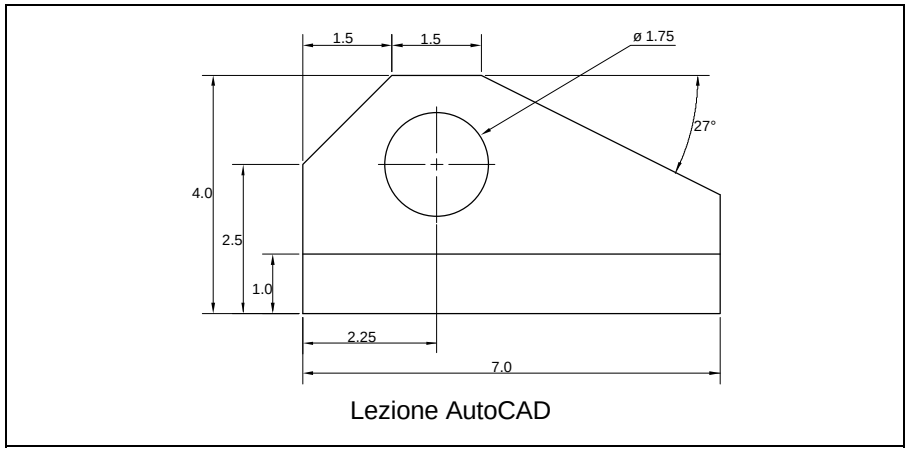


Figura A.7

2.1. Caricare un disegno in memoria centrale

Dopo avere attivato AutoCAD come indicato nella lezione precedente, carichiamo in memoria centrale il disegno eseguito la lezione precedente. Per fare questo nel menù iniziale selezioniamo la seconda opzione *Edit an EXISTING drawing:*

([14]) Il comando SAVE crea una file sul disco, nell'esempio il disco B: , identificato dal nome del disegno seguito dal suffisso `.dwg`, nell'esempio `lez00.dwg`

([15]) Nelle ultime versioni di AutoCAD, successive alla 11, i comandi di quotatura sono stati notevolmente migliorati e resi di più semplice e intuitivo utilizzo.

digitando *Enter selection:* `2`↵ Alla richiesta di AutoCAD digitiamo il nome del nostro disegno *Enter NAME of drawing:* `b:lez02=b:lez01`↵. In questo modo abbiamo creato un disegno che si chiama lez02 identico a lez01. Il disegno si ripresenta sullo schermo così come era stato memorizzato, con tutte le modalità (`Grid`, `Snap`, `Ortho` ecc.) come le avevamo lasciate al momento della memorizzazione.

2.2. Creare la prima quota

Per ottenere la prima quota selezioniamo il comando `Dim`(16) nel menù principale e quindi selezioniamo l'opzione `Linear`, sul nuovo menù selezioniamo l'opzione `Vertical` per indicare che vogliamo disegnare una quota verticale. Le quote lineari (orizzontali, verticali, ecc.) possono essere definite in due modi:

1. tra due punti, selezionando i due punti dopo il comando di quotatura,
2. riferite ad una linea esistente, premendo ↵ alla richiesta di selezione del primo punto e selezionando il segmento da quotare.

Per attivare la seconda modalità premiamo il tasto ↵ e portiamo il cursore sulla linea verticale a sinistra del disegno, in prossimità del punto di coordinate 2.0,2.0 e selezioniamo il segmento con `[m1]`. AutoCAD a questo punto richiede la posizione della linea quota. Portiamo il cursore a sinistra di circa un'unità e selezioniamo con `[m1]`. Ora il programma richiede il testo da visualizzare sulla linea di quota proponendo *Dimension text <2.5>:*, confermiamo il valore di 2.5 proposto con il tasto ↵.

2.3. Disegnare le altre quote lineari

Per quotare l'ingombro verticale del pezzo facciamo uso della prima modalità di definizione delle quote. Per indicare ad AutoCAD che nel seguito ci serviremo di punti di intersezione(17) digitiamo il comando `Osnap`↵ e quindi `Int`↵. AutoCAD

---

(16) Il comando `Dim` ha come unico risultato quello di attivare l'ambiente di quotatura, cioè un insieme di menù e sottomenù in cui sono disponibili tutti i comandi e le modalità per la quotatura. Per uscire da questo ambiente utilizziamo le stesse tecniche che si utilizzano per interrompere un qualsiasi comando.

(17) La possibilità di selezionare punti notevoli quali estremi di segmenti, punti medi, centri di circonferenze, ecc. senza conoscerne le coordinate costituisce un aiuto estremamente importante nella realizzazione di un disegno. La modalità di selezione dei
oranea o permanente. Nella modalità temporanea, attivabile

ci fornisce un riscontro visivo (*feedback*) dell'attivazione della modalità di selezione dei punti notevoli, infatti il cursore si modifica assumendo la forma di un mirino. Il punto notevole dovrà cadere entro questo mirino per essere riconosciuto.

Selezioniamo ora il comando `Dim` e l'opzione `Vertical`. AutoCAD si pone automaticamente nella prima modalità di quotatura: quota della distanza tra due punti. Per selezionare con precisione il punto in basso a sinistra del pezzo portiamo il cursore in prossimità del punto 2.0,2.0 e selezioniamo. In questo modo abbiamo indicato ad AutoCAD di utilizzare l'esatta intersezione tra le linee orizzontale e verticale.

Portiamo il cursore in prossimità del punto 3.5,6.0 e selezioniamo. Ora AutoCAD chiede di conoscere la posizione della linea di misura, portiamo il cursore in prossimità del punto 1.0,2.0 e selezioniamo. Ora rimane da fissare il testo che comparirà nella nuova quota, AutoCAD propone *Dimension text (4.0):* accettiamo premendo il tasto ↵.

Disegniamo ora una quota orizzontale selezionando `Horizontal` (sempre nei menu `Dim` e `Linear`). Selezioniamo la seconda modalità di definizione della quote lineari premendo ↵ oppure premendo `[m1]`, portiamo il cursore, che ha assunto la forma di un piccolo rettangolo, sulla linea orizzontale alla base del nostro disegno vicino al punto di coordinate 2.0,3.0 e selezioniamo con `[m1]`.

Posizioniamo ora la quota portando il cursore nel punto di coordinate 4.0, 1.0 e selezioniamo con `[m1]`. Premiamo ora ↵ per confermare il valore della quota. Per indicare ad AutoCAD che desideriamo ritornare alla modalità standard di selezione dei punti digitiamo il comando `Osnap`↵ e quindi `None`↵.

2.4. Disegnare le quote angolari

Per le quote angolari non vi sono opzioni particolari, esiste un'unica modalità di definizione. Se vediamo visualizzato lateralmente il menù principale selezioniamo il comando `Dim` e quindi il comando `Angular`. Alternativamente potremmo digitare `Dim`↵ `Ang`↵. AutoCAD richiede ora la selezione della prima linea che determina l'angolo, con il cursore di selezione (un piccolo rettangolo) selezioniamo

---

con le voci del menù visualizzato selezionando "`****`" nel menù laterale a destra, alla richiesta di un punto, ad esempio il secondo estremo nella definizione di una retta, possiamo specificare quale tipo di punto notevole ci interessa selezionare. Questa modalità rimarrà attiva solo un singolo punto. Nella modalità permanente, attivabile con il comando OSNAP, ad ogni richiesta di un punto AutoCAD entra automaticamente in modalità selezione dei punti notevoli specificati con OSNAP.

Snap, tasto [f9], ed assicurandoci che sia disattiva

(18) Se volessimo selezionare un punto esattamente sulla circonferenza potremmo utilizzare il menù Tools in alto a sinistra selezionando la modalità NEARest seguito dalla selezione della circonferenza in prossimità del punto voluto. In questo modo AutoCAD seleziona il punto appartenente alla circonferenza più vicino alla posizione del cursore. Questo costituisce un altro esempio di selezione di punti notevoli in modalità temporanea.

la modalità `Ortho`, tasto `[f8]`. Raggiunta la posizione voluta la selezioniamo con `[m1]`.

Il programma ora richiede il testo da visualizzare sulla quota scriviamo `%%c 1.75`↵, per indicare che vogliamo il simbolo di diametro, `%%C` indica ad AutoCAD il simbolo ∅.

2.7. Aggiungere del testo al disegno

Per inserire del testo digitiamo il comando `DTEXT`↵ Alla richiesta di AutoCAD inseriamo quindi le coordinate del punto di inserimento del testo `4.0,0.5`↵.

Ci viene ora richiesta l'altezza dei caratteri, rispondiamo `2.5`↵. Indichiamo quindi che vogliamo un testo ruotato di gradi `0`↵, cioè nessuna rotazione, inseriamo ora il testo digitando *Text:* `Lezione AutoCAD`↵ ed inseriamo un nuovo ↵ per terminare.

2.8. Terminare la seduta di lavoro

Per terminare la seduta di lavoro disponiamo di due possibilità:

1. utilizzare il comando `End`↵ che automaticamente memorizza il nostro lavoro con lo stesso nome con cui lo abbiamo creato o caricato dal disco e ci riporta al menù iniziale.
2. utilizzare il comando `Quit`↵ che ci domanda se vogliamo abbandonare tutte le modifiche apportate al disegno dall'ultima memorizzazione (rispondiamo `y`), e quindi ci riporta al menù iniziale. Questo comando è da utilizzare con cautela poiché non registra le modifiche fatte al disegno.

Raggiunto il menù iniziale scegliamo l'opzione `0`↵ corrispondente alla scelta `Exit AutoCAD`.

Lezione 3 Utilizzare le funzionalità di editing

Nel corso di questa lezione utilizzeremo alcune tecniche di "editing" del disegno. Obiettivo di questa lezione è la realizzazione dell' esempio in Figura A.9.

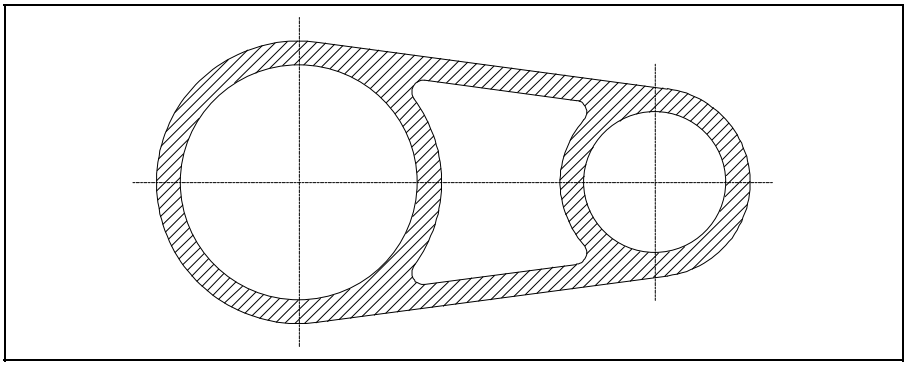


Figura A.9

3.1. Definire un foglio di formato unificato A4

Dopo avere attivato AutoCAD come indicato nei capitoli precedenti selezioniamo l'opzione `1`↵ del menù iniziale, `Create a NEW drawing`, ed iniziamo un nuovo disegno a cui assegnamo il nome `lez03`↵; non dimentichiamo di fare seguire il nome del disegno dal segno = per richiedere la configurazione standard.

Una volta nell'editore grafico per prima cosa definiamo i limiti di un foglio di formato A4 (210 x 297 mm.) con il comando `Limits`↵ indicando *ON/OFF/<Lower left corner>:* `0.0,0.0`↵ e *Upper right corner*: `297.0,210.0`↵[19].

Selezioniamo ora una griglia con spaziatura pari a 10 unità di misura (mm.), ed uno snap di 5 unità di misura (mm.). Per vedere l'intero foglio da disegno sullo schermo utilizziamo il comando `Zoom`↵ e selezioniamo l'opzione `All`↵[20]. In questo modo l'area grafica dello schermo coincide con quella di un foglio di formato A4 disposto orizzontalmente. In questa configurazione possiamo identificare l'unità di misura con il millimetro.

([19]) Il comando `Limits` non ci vincola affatto a disegnare entro il foglio selezionato, se vogliamo porre dei vincoli più forti possiamo chiedere ad AutoCAD di inibirci l'area al fuori del foglio con il comando `Limits`↵`On`↵. In questo modo ad ogni tentativo di uscire con il disegno dal foglio verremo avvisati da un segnale acustico. Per disattivare questo controllo è sufficente il comando `Limits`↵`Off`↵.

([20]) Nelle verrsioni più recenti di AutoCAD il comando `Zoom` può essere abbreviato con la lettera "`Z`", pertanto `zoom`↵ `All`↵ si abbrevia semplicemente con `z`↵ `A`↵

3.2. Tracciare gli assi

Come prima cosa, facendo uso del comando `Line`↵, tracciamo nel centro del foglio un asse orizzontale di lunghezza pari a 270 mm. A 70 mm dall'estremo sinistro dell'asse orizzontale tracciamo un asse verticale di lunghezza 140 mm. Tracciamo quindi un secondo asse verticale di lunghezza 100 posto a 150 mm dal primo. Modifichiamo ora il tipo di linea con cui sono stati tracciati gli assi. Prima di effettuare questa operazione è necessario dire ad AutoCAD di caricarsi in memoria i vari tipi di tratteggio che utilizzeremo. per fare questo digitiamo il comando `Linetype`↵ e quindi l'opzione `Load`↵. Alla domando *Lyne type(s) to load:* rispondiamo `*`↵, ed alla domanda *File to search <acad>:* rispondiamo con ↵. Vedremo che AutoCAD carica in memoria vari tipi di linea.

Digitiamo il comando `Chprop`↵ e all'apparire del messaggio *Select objects* selezioniamo con `[m1]` i tre assi. Terminata con `[m3]` la selezione, appare la domanda *Change what property (Color/LAyer/LType/Thickness)?*. Rispondiamo con `LType`↵ per indicare che vogliamo modificare il tipo di linea. AutoCAD ci richiede ora di indicare il nuovo tipo di linea indichiamo il tipo tratto punto digitando `Dashdot`↵. Non notiamo alcun cambiamento sullo schermo perché la dimensione del tratteggio è troppo piccola per essere rappresentabile sullo schermo.

Se vogliamo vedere il tratteggio non solamente in stampa ma anche a schermo dobbiamo indicare ad AutoCAD un tratteggio di dimensioni maggiori. Per fare questo selezioniamo la voce `Settings` dal menù principale e quindi ci portiamo della seconda pagina del menù selezionando `Next`. Selezioniamo ora l'opzione `LTscale` ed alla domanda `Scale factor` rispondiamo `10.0`↵. Vediamo ora apparire gli assi tratteggiati.

3.3. Creare la geometria di base

Tracciamo ora due circonferenze concentriche centrate nell'intersezione sinistra degli assi ed aventi raggio `50` e `60` mm. Con centro nell'intersezione destra degli assi tracciamo altre due circonferenze di raggio `30` e `40` mm. Per selezionare il punto centro delle circonferenze concentriche facciamo uso delle modalità di selezione di punti notevoli `Intersection` e `Center`[21].

([21]) I punti notevoli sono selezionabili in AutoCAD secondo due differenti modalità: una modalità temporanea ed una modalità permanente. Entrambe le modalità possono essere attivate da tastiera digitando il comando e/o le opzioni necessarie, selezionando le voci del menù posto sotto gli asterischi del menù laterale oppure ancora selezionando le voci del menù a tendina (pull down) denominato `Tools`.

Predisponiamo AutoCAD alla costruzione dei segmenti bitangenti con il comando `Osnap`↵ e `Tan`↵. Definiamo ora quattro segmenti con il comando `Line`↵ facendo attenzione nel selezionare le due circonferenze nelle zone più prossime ai punti di tangenza dei segmenti. In caso di errore possiamo rimuovere l'ultimo segmento tracciato con il comando `Undo`↵ seguito un un ↵. Ripristiniamo quindi le modalità di osnap standard con i comandi `Osnap`↵ e `None`↵.

Per interrompere il comando `Line` avremo utilizzato ↵ oppure `[m3]`, così pure per ripetere il comando `Line`, come per ripetere un qualsiasi comando avremo utilizzato alternativamente `[m3]` oppure ↵.

3.4. Utilizzare le funzioni di Zoom e Pan

Per utilizzare al meglio AutoCAD dobbiamo conoscere a fondo le funzionalità che ci consentono di muoverci sul foglio e di variare il fattore di scala. Sperimentiamo il comando per muoverci sul disegno digitando `Pan`↵ e selezionando due punti sullo schermo; il foglio si muove nella direzione indicata dai due punti per una distanza pari alla loro distanza. Dopo aver sperimentato alcune volte il comando `Pan` digitiamo il comando `Zoom`↵ e selezioniamo l'opzione `Window`↵. Portiamo ora il cursore sull'area grafica e dopo avere individuato visivamente una zona di interesse selezioniamo con `[m3]` il punto in alto a sinistra della zona e quindi il punto in basso a destra. Abbiamo ottenuto uno zoom della finestra (window) contenente la zona di interesse. Se ora vogliamo ripristinare la vista precedente digitiamo `Zoom`↵ e selezioniamo l'opzione `Previous`↵.

Un'altra alternativa offerta dal comando `Zoom`↵ è l'opzione `Dynamic`↵. Con questa opzione appaiono sullo schermo tre rettangoli: uno con tratto più grosso indica il foglio definito con il comando `Limits`, uno con linea tratteggiata indica la vista corrente ed un ultimo rettangolo che segue i movimenti del mouse indica la nuova vista. Ad ogni selezione di `[m1]` il rettangolo mobile passa dalla modalità `Pan` (spostamento della vista corrente) alla modalità `Zoom` (modifica delle dimensioni della vista corrente) e viceversa. Ottenuta la vista desiderata, sia che ci sitrovi in modalità `Pan` che in modalità `Zoom`, la selezioniamo con ↵.

Queste trasformazioni di scala riguardano solamente la visualizzazione e non il disegno stesso. Se dopo un'operazione di zoom le circonferenze o gli archi appaiono come poligoni regolari digitiamo il comando `Regen`↵.

3.5. Tagliare le parti di segmento non necessari

Per ottenere il disegno che ci siamo posti come obiettivo è necessario rimuovere alcuni archi. Per fare ciò usiamo il comando di `Trim`.

Questo comando rimuove un arco oppure un segmento tra due intersezioni. Poiché i punti di taglio che delimitano gli archi da rimuovere sono principalmente dei punti di tangenza dovremo ricorrere ad uno stratagemma. Lo stratagemma adottato consiste nell'estendere i segmenti bitangenti a destra del disegno, rimuovere gli archi di circonferenza che non sono necessari e quindi nel ripristinare la lunghezza originale dei segmenti bitangenti. Per prima cosa disegniamo una linea verticale a destra del disegno di lunghezza circa 60 mm. Digitiamo ora il comando `Extend`↵. Alla domando *Select boundary edge(s)...* selezioniamo la linea verticale. Interrompiamo la selezione degli spigoli con `[m3]`.

Alla domanda *Select object to extend:* rispondiamo selezionando il segmento bitangente in alto. Ripetiamo l'operazione per il segmento bitangente in basso. Terminiamo la selezione degli oggetti da estendere con `[m3]`. Abbiamo in questo modo allungato i segmenti bitangenti fino a raggiungere la linea verticale.

Eseguiamo ora i tagli degli archi digitando il comando `Trim`↵. Alla domanda *Select cutting edge(s)...* selezioniamo i quattro segmenti di retta. Interrompiamo la selezione con il pulsante di destra del mouse. Alla domanda *Select object to trim:* selezioniamo le circonferenze maggiori nella zona compresa tra i due segmenti bitangenti paralleli. Dopo avere rimosso quattro archi terminiamo con il pulsante destro del mouse. Ripetiamo ora il comando `Trim`↵ per tagliare le parti dei segmenti bitangenti interni compresi tra le due circonferenze e le parti dei segmenti che avevamo generato con il comando `Extend`.

3.6. Raccordare due segmenti

Per raccordare i segmenti e gli archi di circonferenza nella zona interna al pezzo digitiamo il comando `Fillet`↵ e selezioniamo l'opzione `Radius`↵ alla domanda *Enter fillet radius* rispondiamo `5`↵. Questo comando fissa il raggio di raccordo per tutti i raccordi seguenti.

Digitiamo nuovamente `Fillet`↵ e alla domanda *Polyline/Radius/<Select two objects>:* selezioniamo un arco ed un segmento da raccordare. AutoCAD crea il raccordo e taglia le parti di arco e segmento superflue; ripetiamo l'operazione per i rimanenti tre raccordi.

3.7. Campire una sezione

Per completare il disegno dobbiamo campire il pezzo disegnato. Digitiamo il comando `Hatch`↵ e alla domanda *Pattern (? or name/U, style)* rispondiamo con `U`↵ per indicare il tipo di campitura standard. Indichiamo un angolo di 45° per le linee di campitura digitando: *Angle for crosshatch lines <0>:* `45`↵; alla domanda

Spacing between lines: (spaziatura tra le linee) rispondiamo `5`↵ e alla domanda *Double hatch area:* (campitura doppia incrociata) rispondiamo `N`↵. Selezioniamo quindi uno ad uno tutti i segmenti e gli archi che compongono il disegno, ad esclusione degli assi. Come sempre terminiamo la selezione con ↵. AutoCAD provvede automaticamente a campire l'area delimitata dai segmenti selezionati con il tipo di tratteggio scelto.

Lezione 4 Assemblare un disegno complesso

Nel corso di questa lezione realizzeremo le singole componenti e quindi assembleremo il disegno rappresentato in Figura A.11. (A).

4.1. Preparare il foglio da disegno

Iniziamo un nuovo disegno che chiamiamo `lez04` e come visto nelle lezioni precedenti, predisponiamo il foglio da disegno nel formato A4 (297 x 210 mm) utilizzando il comando `Limits`↵; definiamo una griglia ed uno snap adatti a questo formato (si consiglia uno snap di 5 mm. ed una griglia di 10 mm.). Digitiamo quindi il comando `Zoom`↵ seguito dall'opzione `All`↵ per visualizzare l'intero disegno.

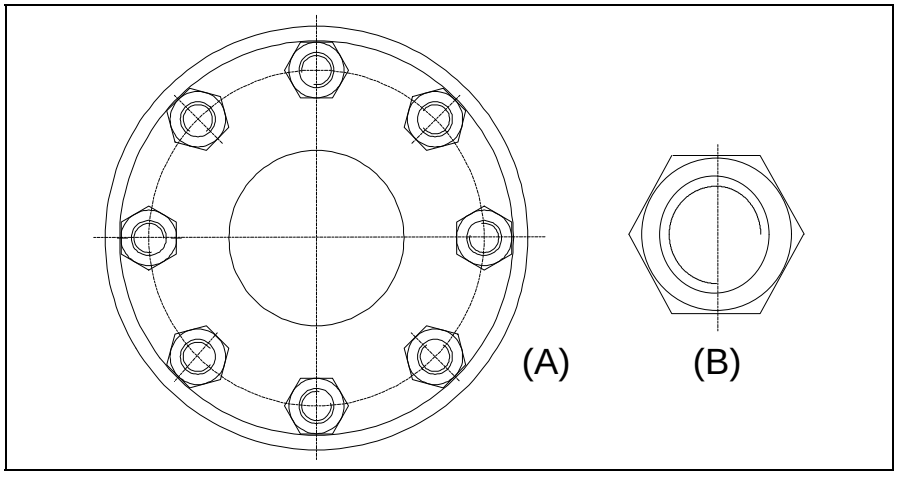


Figura A.11

4.2. Disegnare il bullone

Come prima cosa definiamo un bullone M12x55 conforme alle norme UNI visto in pianta dal lato dado come mostrato in Figura A.11. (B). Tracciamo la

circonferenza corrispondente alla vite utilizzando il comando `Circle`↵, selezioniamo il punto di coordinate `100.0,100.0` come centro e alla richiesta del raggio digitiamo `D`↵, per indicare che intendiamo fornire il valore del diametro, e quindi inseriamo il valore del diametro in mm `19`↵. Dal menù principale selezioniamo con `[m1] Draw`, passiamo alla seconda pagina di comandi del menù con `Next` e quindi selezioniamo il comando `Polygon`. Alla domanda *Number of sides:* (numero di lati) rispondiamo `6`↵ e all'apparire del messaggio *Edge/<center of polygon>:* per selezionare il centro del cerchio appena realizzato digitiamo `Cen`↵ e selezioniamo il cerchio con `[m1]`. AutoCAD chiede ora se vogliamo definire il poligono fornendo il raggio del cerchio inscritto e del cerchio circoscritto, rispondiamo *Inscribed in circle/Circumscribed about circle (I/C):* `C`↵.

All'ultima domanda *Radius of circle:* rispondiamo `9.5`↵. Tracciamo ora, con il comando `Circle`, il cerchio più interno, concentrico al cerchio tracciato precedentemente, con la modalità `CENter` utilizzata prima; forniamo un valore per il diametro pari a `12` mm. Per completare il bullone rimane da disegnare il simbolo di filettatura della vite. Nel menù `Draw` selezioniamo con `[m1]` il comando `Arc` e l'opzione `CSE` (center start end) per tracciare un arco fornendo centro, punti iniziale e finale. Selezioniamo come centro dell'arco il centro di uno delle due circonferenze definiti precedentemente facendo uso dell'opzione `CENter`, digitiamo poi le coordinate polari del punto iniziale relative al centro dell'arco scrivendo *Start point:* `@5<80`↵ e optiamo per inserire il valore dell'angolo sotteso al posto del punto finale digitando `a`↵ e quindi digitando il valore dell'angolo *Include angle:* `290`↵.

Definiamo ora l'asse verticale del bullone con il comando `Line`↵ dal punto di coordinate `100,79` al punto `100,121`.

Una volta tracciato l'asse ne modifichiamo il tipo di linea con il comando `Chprop`↵ seguito dalla selezione dell'asse stesso e concluso dal sottocomando `LType`↵ e da `Dashdot`↵.

4.3. Creare il blocco "Bullone"

Completata la definizione del bullone lo possiamo utilizzare per definire un blocco di entità grafiche che chiameremo bullone. In questo modo ogni qual volta ci servirà un bullone simile a quello realizzato lo potremo inserire nel disegno con un unico comando senza ridisegnarlo. I blocchi sono vantaggiosi per elementi ricorrenti del disegno.

Per creare il nostro primo blocco nel menù principale selezioniamo il comando `Block` e quindi il sottocomando `Block`; alla domanda *Block name (or ?)* rispondiamo `bullone`↵.

AutoCAD ci richiede ora di indicare il punto del bullone che verrà in seguito considerato l'origine del sistema di riferimento locale, indichiamo il centro del bullone digitando `CENter`↵ e selezionando una delle circonferenze. Alla richiesta *Select objects:* rispondiamo `w`↵ per indicare che selezioneremo gli oggetti in modalità window (finestra), infatti selezioniamo un rettangolo sullo schermo che comprende tutte le entità grafiche del bullone. Effettuata questa operazione il bullone scompare alla nostra vista perché inserito nella lista dei blocchi associati al disegno. Potremo in utilizzarlo tutte le volte che ci servirà senza doverlo ridefinire(22).

4.4. Definire la struttura base della flangia

L'operazione da eseguire ora è la definizione della flangia. Per cominciare definiamo gli assi della flangia tracciando un segmento orizzontale ed uno verticale di lunghezza `160` mm, intersecantisi nel centro del foglio (coordinate 148.5,105.0). Tracciamo un cerchio con il comando `Circle`, centrato nell'intersezione degli assi, utilizzando `Int`, avente diametro `145` mm. Disegniamo un secondo cerchio concentrico di diametro `135` mm, un terzo di diametro `115` mm ed un ultimo di diametro `60` mm.

Con il comando `Chprop`↵ selezioniamo i due assi e la circonferenza di diametro 115 per modificarne il tipo di linea. Indichiamo la proprietà `LType`↵ ed il tipo `Dashdot`↵. Ricordiamoci di assegnare ad `LTscale` il valore `10` nel menù `Settings`. In questo modo abbiamo completato lo schema della flangia priva dei bulloni. Tracciamo ora due linee di costruzione di lunghezza `160` mm passanti per il centro della flangia ed inclinate rispettivamente di `45°` e di `135°`.

4.5. Posizionare istanze del blocco "Bullone" sulla flangia

L'operazione da eseguire ora è il posizionamento dei bulloni sulla flangia. Il posizionamento di un blocco predefinito prevede la possibilità di posizionare
gine del blocco in un qualunque punto del disegno e di selezionare un fattore di

---

(22) Per cancellare i blocchi non utilizzati nel disegno è sufficiente utilizzare il comando `Purge`↵ ed alla domanda *Purge unused Blocks/LAyers/LTypes/SHapes/STyles/All:* rispondere `Block`↵. Unica avvertenza è di utilizzare Purge solamente come primo comando di una seduta di lavoro.

scalatura eventualmente differenziato in orizzontale e verticale. Inoltre è possibile ruotare il blocco di un angolo desiderato.

Per posizionare il bullone nel menù `Draw` selezioniamo il comando `Insert`↵. Alla domanda *Inser block (or ?):* rispondiamo `bullone`↵, ed alla richiesta *Insertion point*: selezioniamo con la modalità `INTersect`↵ l'intersezione inferiore dell'asse verticale con la circonferenza tratteggiata di raggio 115 mm. AutoCAD richiede ora un fattore di scala orizzontale *X scale factor <1>/corner/XYZ*: rispondiamo semplicemente con ↵ per confermare il fattore 1, alla successiva richiesta del fattore di scala verticale *Y scale factor (default=X):* rispondiamo nello stesso modo con ↵ e per l'angolo di posizionamento rispondiamo *Rotation angle <0>:* `0`↵. Al termine di questa operazione vedremo apparire il primo bullone correttamente posizionato sulla flangia.

Ripetiamo l'operazione per il secondo bullone selezionando l'intersezione della circonferenza di raggio 115 mm con l'asse obliquo in basso a destra ed indichiamo un angolo di rotazione di `45°`. Ripetiamo l'operazione per tutte le altre intersezione che incontriamo seguendo la circonferenza in senso antiorario fornendo i seguenti angoli di posizionamento: `90°` (asse orizzontale / intersezione destra), `135°` (asse obliquo intersezione in alto / destra), `0°` (asse verticale intersezione superiore), `225°` (asse obliquo / intersezione in alto a sinistra), `270°` (asse orizzontale / intersezione sinistra), `315°` (asse obliquo intersezione in basso a sinistra).

Terminato il posizionamento degli otto bulloni possiamo rimuovere le linee di costruzione oblique con il comando `Erase`↵ seguito dalla selezione delle linee stesse e terminato con `[m3]`.

Per posizionamenti ripetitivi di blocchi in posizioni con forte simmetria è possibile utilizzare un'altra modalità più veloce. Per sperimentare questa modalità cancelliamo tutti i blocchi sino ad ora inseriti con il comando `Erase`↵ seguito dalla selezione dei blocchi con `[m1]` e terminata con ↵. Digitiamo il comando `Divide`↵ ed alla domanda S*elect object to divide:* selezioniamo la circonferenza di raggio 115 mm; alla richiesta *<Number of segments>/Block:* rispondiamo `Block`↵; alla richiesta *Block name to insert:* rispondiamo ovviamente `bullone`↵ ed alla richiesta se vogliamo allineare i bulloni lungo la circonferenza rispondiamo *Align block with object? <Y>*↵; infine alla richiesa *Number of segments:* rispondiamo `8`↵. Il risultato di questa procedura è in tutto equivalente al risultato della procedura precedente.

4.6. Verificare il disegno e terminare la sessione di lavoro.

Se ben posizionati i bulloni risultano bloccati dal bordo della flangia senza presentare con questo alcuna intersezione. Possiamo effettuare questa verifica con il comando `Zoom`↵ e l'opzione `Window`↵ (eventualmente abbreviabile con `w`↵) seguiti dal comando `Regen`↵. Terminiamo la seduta di lavoro memorizzando il disegno realizzato ed uscendo da AutoCAD.

Lezione 5 Strutturare un disegno

Nel corso di questa lezione assembleremo il disegno complesso rappresentato in Figura A.13 strutturandolo per mezzo di layer.

Questo pezzo rappresenta due flange contrapposte sezionate a formare parte di un giunto. La squadratura del foglio A4 verrà realizzata su di un foglio separato in modo da essere riutilizzabile per disegni sucessivi. Un'ulteriore strutturazione potrebbe essere realizzata con i blocchi.

5.1. Creare un template A4

Come prima cosa definiamo un disegno che rappresenti la squadratura di un foglio A4 e sia preconfigurato per utilizzi successivi. Questo meccanismo ci eviterà di ripetere una lunga serie di comandi ogni qual volta inizieremo un nuovo disegno.

Dal menù iniziale selezioniamo l'opzione di creazione di un nuovo disegno a cui assegniamo il nome `A4`. Definiamo quindi l'estensione del foglio con il comando `Limits` indicando i valori (`0.0,0.0`) per l'angolo in basso a sinistra e (`210.0,297.0`) per l'angolo in alto a destra.

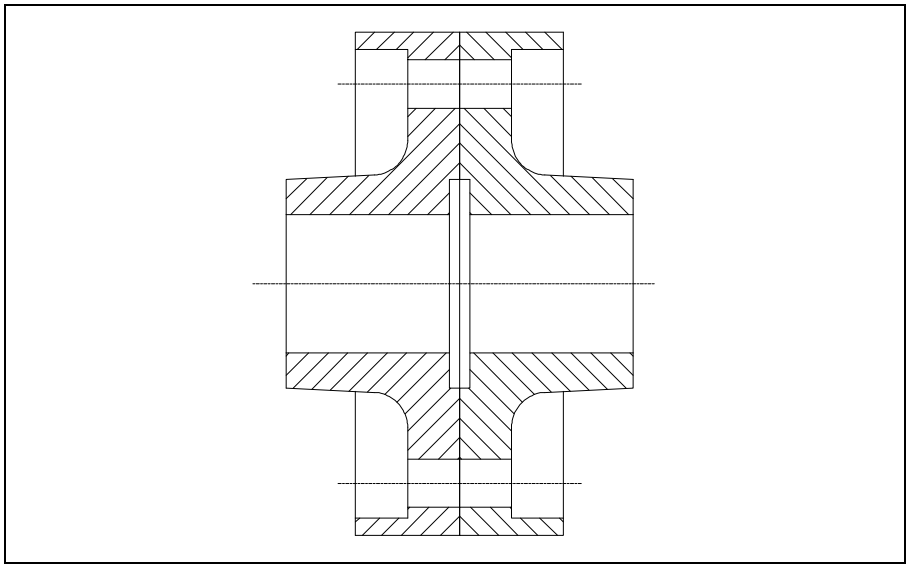


Figura A.13

Definiamo una griglia appropriata (10 mm) ed uno snap adatto al formato scelto (5 mm). Tracciamo quindi un contorno rettangolare a 10 mm dal bordo del disegno e definiamo un riquadro di 60x30 mm nell'angolo in basso a destra.

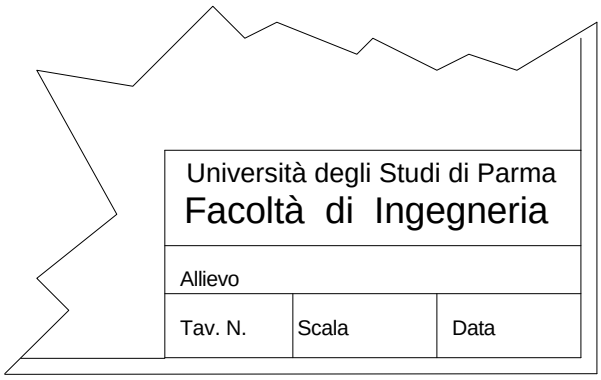


Figura A.15

Con il comando `Text` inseriamo il nome dell'università e le informazioni solite come indicato in Figura A.15; utilizziamo caratteri di altezza `3` mm e l'opzione

`Fit` del comando `Text` che consente di specificare la lunghezza occupata dal testo[23].

5.2. Predisporre i layer nel template A4

Prima di configurare i layer è necessario caricare in memoria i vari tipi di linea come indicato a pagina 121.

Per preconfigurare i layers portiamo il cursore sulla barra di stato in alto, all'apparire della barra dei comandi con `[m1]` selezioniamo il comando `Settings`, in questo menù selezioniamo l'opzione `Modify layer`; sullo schermo compare un pannello, popup, per la definizione e modifica dei layer.

Selezioniamo il tasto `New layer`, digitiamo il nome `squadratura` e selezioniamo il tasto `Ok`. Ripetiamo l'operazione per i layer `disegno`, `assi`, `campitura` e `quote`. Definiti i nomi passiamo a caratterizzare ciascun layer con differenti attributi grafici. Selezioniamo la colonna `Linetype` della riga corrispondente al layer `assi` e nel popup che appare selezioniamo il tipo `Center`.

Selezioniamo la colonna `Color` della riga `assi` e nel pannello, o popup, che compare selezioniamo il colore `Cyan`. In questo modo ci siamo assicurati che tutte le entità grafiche appartenenti al layer `assi` abbiano colore ciano e linea tratteggiata. Ripetiamo l'operazione assegnando il colore `Magenta` al layer `quote` e il colore `Yellow` ai layer `disegno` e `campitura`. Ignoriamo il layer `0`. Conclusa questa operazione selezioniamo il tasto `OK`.

Dobbiamo ora portare tutte le linee ed i testi della tabella sul layer `squadratura`. Per questa operazione diamo il comando `Chprop`↵, selezioniamo tutto il disegno e digitiamo *Change what property?* `LAyer`↵. Alla domanda *New layer <0>:* rispondiamo `squadratura`↵. Predisponiamo ora il foglio per la definizione di entità geometriche attivando nuovamente il popup dei layer e selezionando nella colonna `Current` il layer disegno. Predisponiamo infine la scala del tratteggio digitando `LTscale`↵ seguito da `5`↵. Completata la definizione del formato salviamo il disegno e ci riportiamo nel menù iniziale.

---

(23) L'opzione `Fit` del comando `Text` richiede *First text line point:* corrispondente al punto in basso a sinistra e *Second text line point:* corrispondente al punto in basso a destra della zona occupata dal testo; con *Height <0.2000>:* richiede l'altezza dei caratteri che desideriamo inserire ed infine con *Text*: la stringa di caratteri.

5.3. Creare un disegno basato sul template A4

Iniziamo ora il disegno vero e proprio selezionando l'opzione `1` del menù iniziale e alla richiesta del nome digitiamo `lez05=A4`↵. In questo disponiamo un disegno che contiene tutte le entità grafiche e tutte le opzioni (layer, snap e grid) definiti nel disegno A4.

5.4. Definire di assi e sezioni principali del pezzo

Dal menù pulldown `Settings` selezioniamo il comando `Modify layer`. Sul popup dei layer selezioniamo `Current` il layer `assi`. Tracciamo ora l'asse principale della flangia di sinistra con il comando `Line`↵ `100,150`↵ e `@60<180`↵. Tracciamo ora l'asse del bullone con `Line`↵ `100,207.5`↵ e `@35<180`↵. Gli assi appariranno direttamente nel colore ciano e con linea tratteggiata. Ripristiniamo ora come layer attivo il layer `disegno`, selezionando sul popup dei layer la cella `Current` della riga `disegno`.

Tracciamo ora i contorni delle due zone sezionate della flangia. Digitiamo il comando `Line`↵ seguito dai seguenti punti `50,170`↵ `@47<0`↵ `@10<90`↵ `@3<0`↵ `@20.5<90`↵ `@15<180`↵ `@20<270`↵. Digitiamo ora `Line`↵ seguito dai punti `50,170`↵, `@10<90`↵, e `@40<3`↵. Per completare questa sezione digitiamo il comando `Fillet`↵ `R`↵`10`↵ e nuovamente `Fillet`↵ seguito dalla selezione dei due sementi del contorno che si intersecano. Definiamo ora il secondo contorno con il comando `Line`↵ seguito dai punti: `85,214.5`↵ `@15<0`↵ `@8<90`↵ `@30<180`↵ `@5<270`↵ `@15<0`↵ `c`↵. Realizzati i contorni della parte superiore della flangia si possono rapidamente ottenere i contorni della parte inferiore con il comando di specularità. Digitiamo il comando `Mirror`↵, alla richiesta *Select objects:* rispondiamo con `w`↵, seguito dalla selezione di una finestra sullo schermo che comprende i due contorni realizzati e l'asse del bullone. Alla domanda *First point of mirror line:* selezioniamo (con `ENDpoint`↵) un estremo dell'asse della flangia e alla domanda *Second point:* l'altro estremo (sempre con `ENDpoint`↵). A questo punto AutoCAD ci chiede se vogliamo cancellare le entità selezionate conservando solamente il risultato dell'operazione di specularità, rispondiamo *Delete old objects? <N>* ↵. Predisponiamo ora il layer per la campitura attivando il popup dei layer e selezionando la colonna `Current` del layer `campitura`. Disegnati i quattro contorni possiamo campire le quattro aree sezionate con il comando `Hatch`↵ seguito da `U`↵, `45`↵, `4`↵, `N`↵ e *Select objects:* `w`↵ seguito dalla selezione di una finestra che comprende il primo contorno, `w`↵seguito dalla selezione del secondo contorno, `w`↵ seguito dalla selezione del terzo contorno ed infine `w`↵ seguito dalla selezione del quarto contorno e da un

`1` (`Begin a NEW drawing`) e alla richiesta del nome indichiamo `lez06=A4`↵. Predisponiamo ora due nuovi layer attivando il popup dei layer e creando due nuovi layer di nome `versione1` e `versione2`,

caratterizzati da linea continua e di colore differente. Selezioniamo come layer corrente il layer disegno.

6.2. Disegnare virola e flangia

La dimensione del serbatoio che intendiamo realizzare non si adatta in realtà ad un foglio A4, pertanto useremo come unità di misura i cm, questo equivale a realizzare un disegno in scala 1:10. La prima operazione consiste nel tracciare l'asse verticale del serbatoio, al centro del foglio A4, di lunghezza 200 cm. Per disegnare l'asse sul layer assi possiamo agire in due modi:

1. rendiamo layer corrente il layer `assi`, tracciamo l'asse e ripristiniamo il layer precedente,
2. tracciamo l'asse e successivamente con il comando `Chprop` (change property) lo trasferiamo sul layer `assi`.

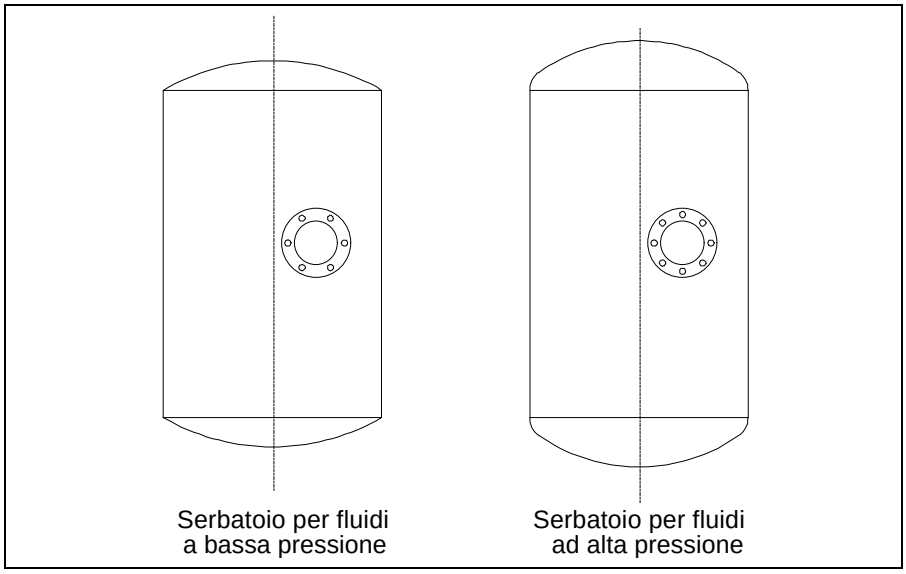


Figura A.17

Realizziamo ora il disegno della virola (il corpo cilindrico centrale del serbatoio) al centro del foglio tracciando con il comando `Line` un rettangolo di base `100` cm ed altezza `150` cm, centrato sull'asse. Tracciamo ora la flangia disegnando con il comando `Circle` tre circonferenze centrate in un punto sulla virola posto 20 cm a destra dell'asse ed a `80` cm dal fondo (della virola) ed aventi diametro di `20`, `32` e `26` cm. La circonferenza di raggio intermedio verrà utilizzata per posizionare i fori

e quindi rimossa dal disegno. Inseriamo, con il comando `Text`, il seguente testo di altezza `10` cm al di sotto del serbatoio: "`Serbatoio per fluidi`".

6.3. Disegnare la prima alternativa di progetto

Per realizzare la prima alternativa attiviamo il popup dei layer e selezioniamo come layer corrente il layer `versione1`. La prima alternativa rappresenta un serbatoio per fluidi a bassa pressione caratterizzato dal fondo sferico. Per realizzare il fondo sferico superiore dobbiamo tracciare una circonferenza di raggio pari al diametro della virola (`100` cm) e passante per gli estremi della sezione superiore. Per individuare il centro di questa circonferenza ci aiutiamo con una costruzione geometrica tracciando due cerchi centrati negli estremi della sezione superiore ed aventi raggio pari a `100` cm. L'intersezione di questi due cerchi, individuabile con lo snap `CENter`, costituisce il centro della circonferenza che utilizziamo come fondo. Tracciata questa circonferenza rimuoviamo la parte di arco non richiesta con il comando `Trim` selezionando i lati verticali della virola come `Cutting edges`. Per realizzare il fondo inferiore procediamo in un altro modo. Digitiamo o selezioniamo il comando `Arc` e l'opzione `S,E,R` (Start, End, Radius), selezioniamo il primo estremo della sezione inferiore della virola, il secondo estremo ed digitiamo il valore del raggio: `100`cm. Completato in questo modo il serbatoio procediamo con il posizionamento dei fori sulla flangia. Tracciamo una circonferenza di raggio `1.4` cm centrata in un punto qualunque dello schermo.

Con il comando `Block` definiamo un blocco denominato `foro1` e costituito dalla circonferenza ed avente origine (`Base point`) nel centro della stessa. Trattandosi di un serbatoio a bassa pressione sono sufficienti sei fori. Per posizionarli utilizziamo il comando `Divide`↵, usualmente utilizzato per spezzare un segmento o un arco in N parti uguali. Alla richiesta *Select object to divide:* rispondiamo selezionando la circonferenza intermedia della flangia, ed alla richiesta *<Number of segments>/Block:* rispondiamo `b`↵, AutoCAD richiede ora il nome del blocco da inserire che è chiaramente *Block name to insert:* `foro1`, digitiamo quindi A*lign block with objects?*↵ ed indichiamo il numero di fori digitando *Number of segments: 6*↵. Per terminare questa alternativa inseriamo, con il comando `Text`, il seguente testo, sempre di altezza `10` cm al di sotto della scritta precedente: "`a bassa pressione`". Abbiamo così completato il disegno della prima alternativa di progetto.

6.4. Disegnare la seconda alternativa di progetto

Per realizzare la seconda alternativa attiviamo il popup dei layer e selezioniamo come layer corrente il layer `versione2`, e togliamo visibilità al layer

versione1 agendo sulla cella On. La seconda alternativa rappresenta un serbatoio per fluidi ad alta pressione caratterizzato dal fondo toro-sferico. Per realizzare il fondo toro-sferico superiore tracciamo due circonferenze con centro in un punto sulla sezione superiore della virola a 10 cm da un estremo e passanti per lo stesso estremo. Ripetiamo l'operazione per l'estremo opposto della sezione superiore. per completare il fondo digitiamo il comando Circle↵ e l'opzione TTR↵ corrispondente alla definizione di un cerchio dati due vincoli di tangenza ed il raggio. Selezioniamo ora i due cerchi realizzati ed inseriamo il valore del raggio pari a 80 cm. Con il comando Trim rimuoviamo la parte di circonferenza superflua. Ripetiamo le stesse operazioni per il fondo toro-sferico inferiore. Trattandosi di un serbatoio per liquidi in pressione realizziamo una flangia con otto fori. Per posizionare gli otto fori procediamo in modo analogo alla prima alternativa:

1. definiamo un blocco denominato foro2 contenente una circonferenza di raggio 1.4 cm e con centro in un qualunque punto del disegno,
2. con il comando Divide posizioniamo gli 8 fori sulla circonferenza intermedia.

Completata questa operazione rimuoviamo con il comando Erase la circonferenza intermedia, non più necessaria. Per terminare questa alternativa inseriamo, con il comando Text, il seguente testo, sempre di altezza 10 cm al di sotto della scritta precedente: "ad alta pressione". Abbiamo in questo modo completato la seconda alternativa di progetto.

6.5. Visualizzare le due alternative

Terminata la realizzazione delle due alternative possiamo visualizzarle semplicemente agendo sulla visibilità dei layer, per mezzo del popup dei layer. E' infatti sufficente togliere visibilità al layer versione2 e dare visibilità al layer versione1 per potere osservare la prima alternativa di progetto. Analogamente è sufficiente dare visibilità al layer versione2 e togliere visibilità al layer versione1 per potere osservare la seconda alternativa di progetto.

Tavole per esercitazioni

Vengono presentate alcune tavole da realizzare con AutoCAD. Si consiglia di realizzare le tavole facendo un uso completo delle funzionalità del sistema AutoCAD, evitando l'impiego di strumenti quali calcolatrici, righelli, ecc. Tutta l'informazione necessaria a dimensionare correttamente i disegni si trova nelle quote riportate. Si consiglia pertanto di utilizzare direttamente questa informazione senza ricorrere a calcoli o misurazioni, ma semplicemente utilizzando l'informazione cosí come è disponibile per mezzo di coordinate relative polari o cartesiane, semplici costruzioni geometriche ed interrogazioni alla geometria.

L'esecuzione della tavola in Figura A.19 richiede l'impiego di alcuni semplici comandi e la selezione di punti notevoli quali punti di tangenza. Un uso accurato di coordinate polari e cartesiane relative consentirà di procedere con rapidità. La quotatura è facoltativa ed è fornita allo scopo di definire le dimensioni del disegno[24]. Questa tavola richiede una pianificazione a priori delle operazioni, cioè è bene scegliere accuratamente l'ordine con cui tracciare le varie entità geometriche.

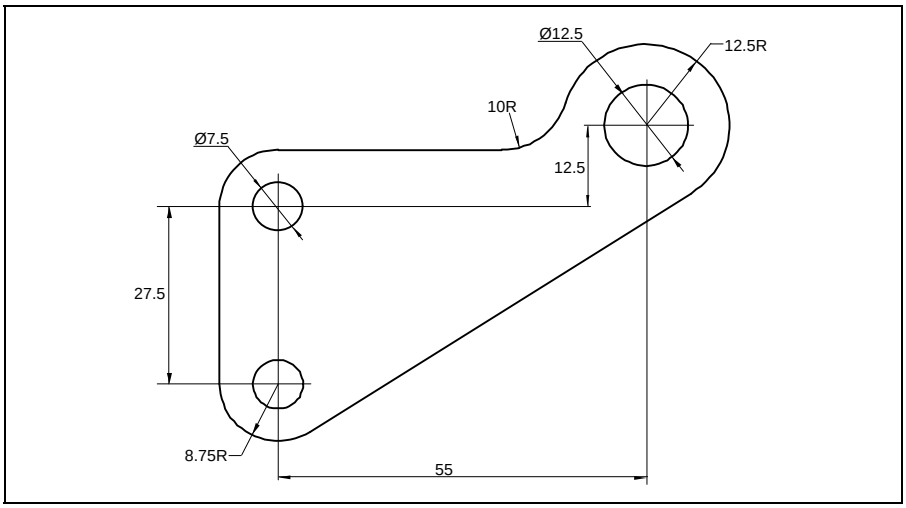


Figura A.19

([24]) Le tavole sono state volutamente realizzate con coordinate non intere, cosí da scoraggiare l'impiego della modalità `Grid`, invitando all'impiego di punti notevoli e coordinate relative polari o cartesiane.

La realizzazione della tavola in Figura A.21 richiede una minima attività di pianificazione prima di iniziare la fase di disegno stabilendo quali entità tracciare per prime e quali successivamente individuando una corretta sequenza di esecuzione delle operazioni così da ottimizzare il lavoro complessivo. Porre attenzione all'impiego di coordinate polari che possono semplificare la realizzazione della tavola.

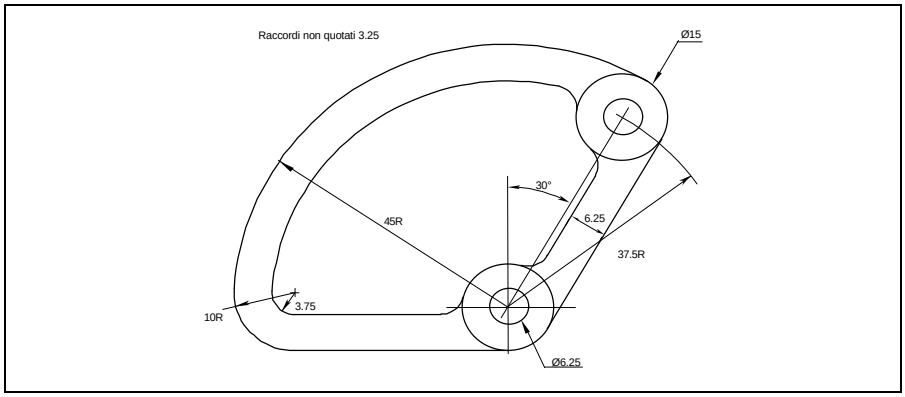


Figura A.21

La realizzazione della tavola in Figura A.23 può essere facilmente e rapidamente realizzata utilizzando i comandi per la costruzione di simmetrie e definendo alcuni punti in coordinate relative. Ricordare che l'impiego di coordinate relative può essere fatto in ogni momento della fase di disegno.

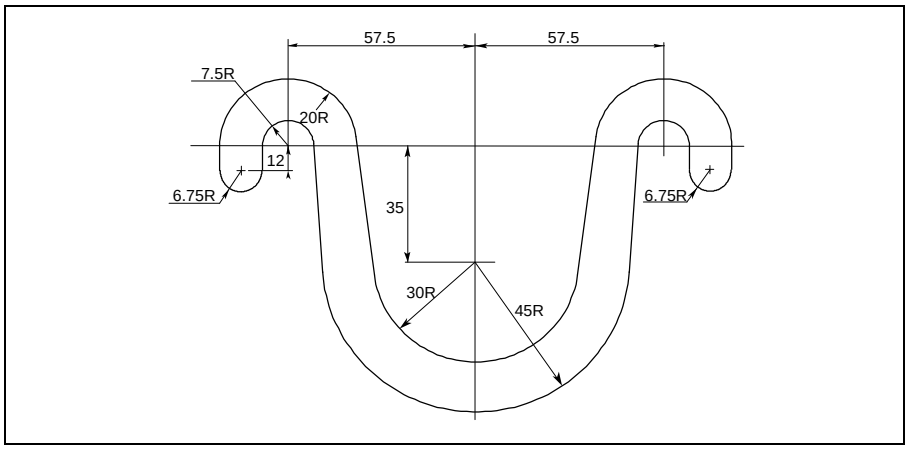


Figura A.23

La realizzazione della tavola in Figura A.25 richiede una rapida pianificazione del lavoro ed un uso di coordinate cartesiane relative nonché degli usuali comandi di raccordo, ecc.

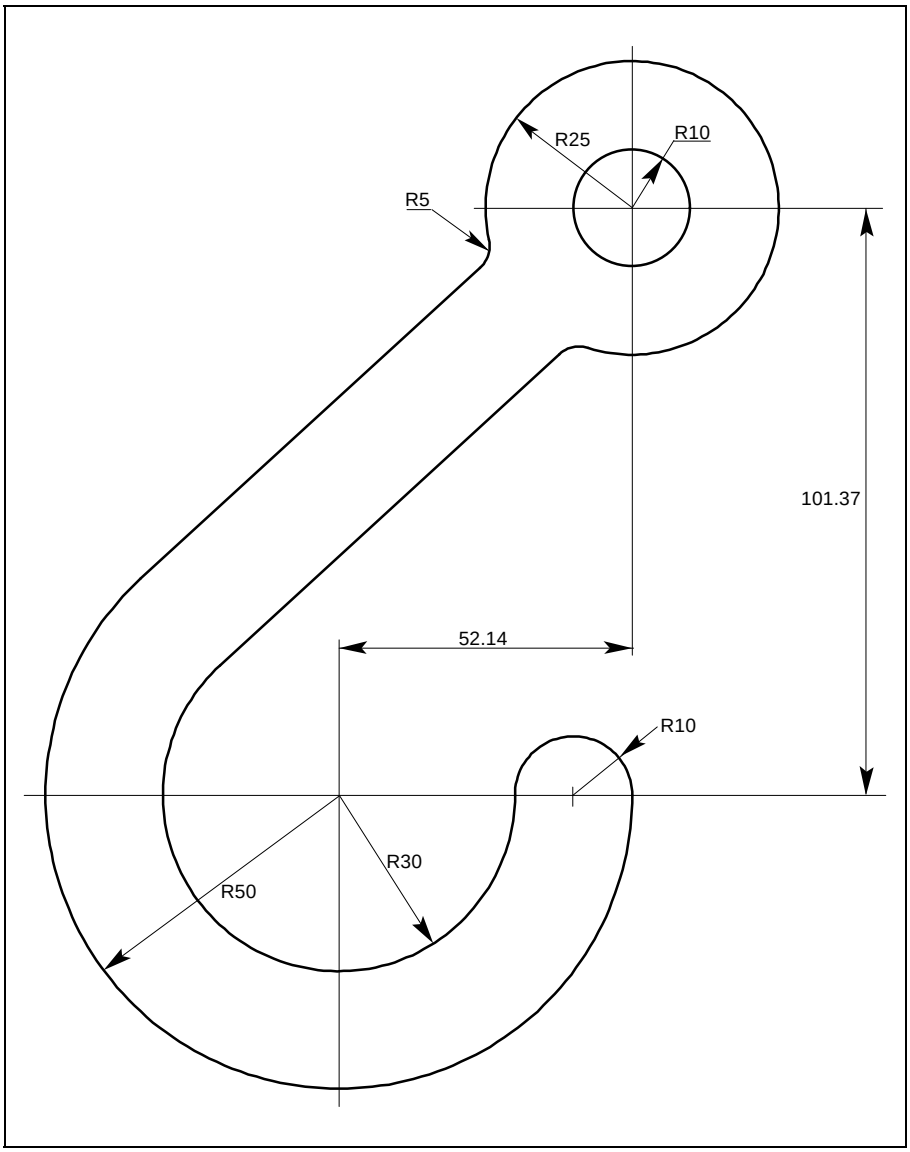


Figura A.25

La tavola in Figura A.27, pur presentando una geometria identica a quella della tavola precedente richiede una procedura di costruzione decisamente diversa che faccia uso delle coordinate polari.

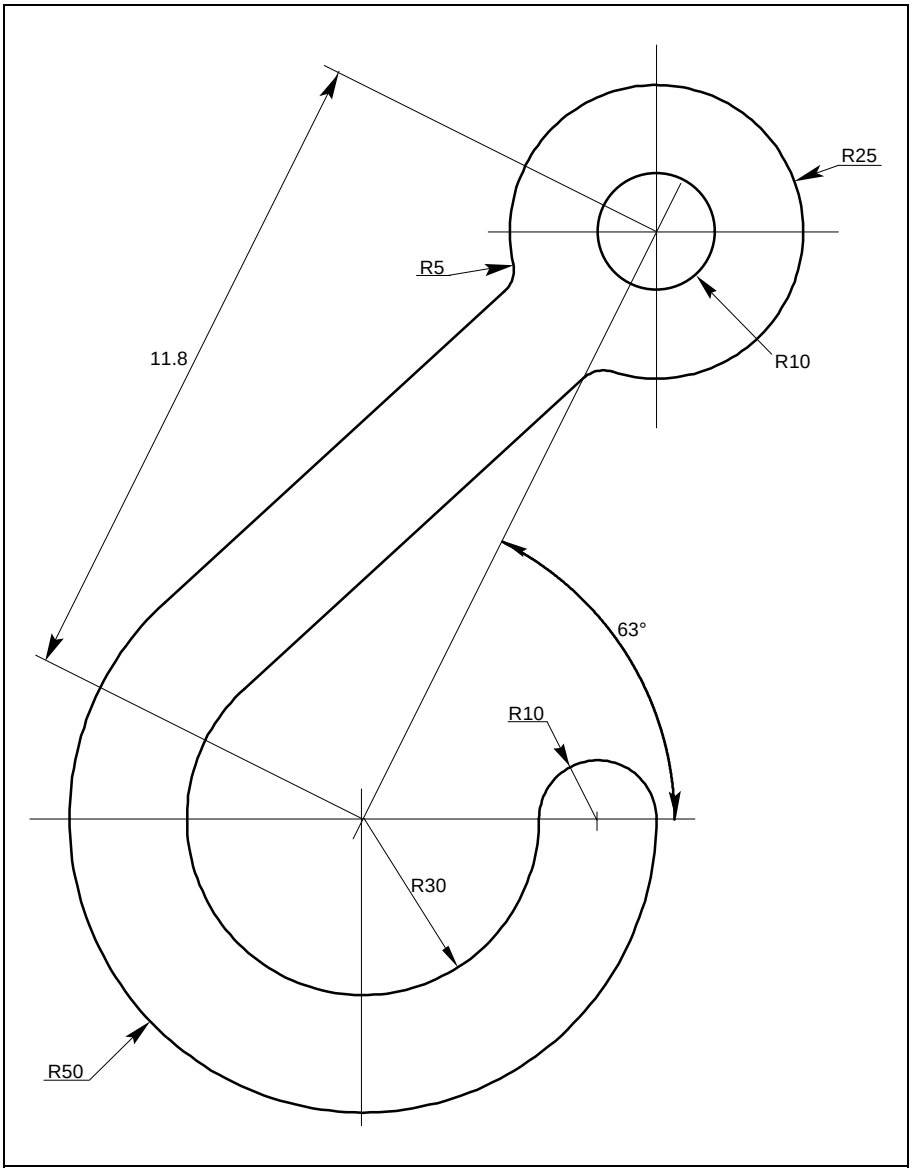


Figura A.27

Anche per la tavola in Figura A.29 è necessario valutare con attenzione l'ordine con cui tracciare le varie geometrie. Una corretta sequenza di lavoro consente di ottenere in pochi passi il disegno richiesto.

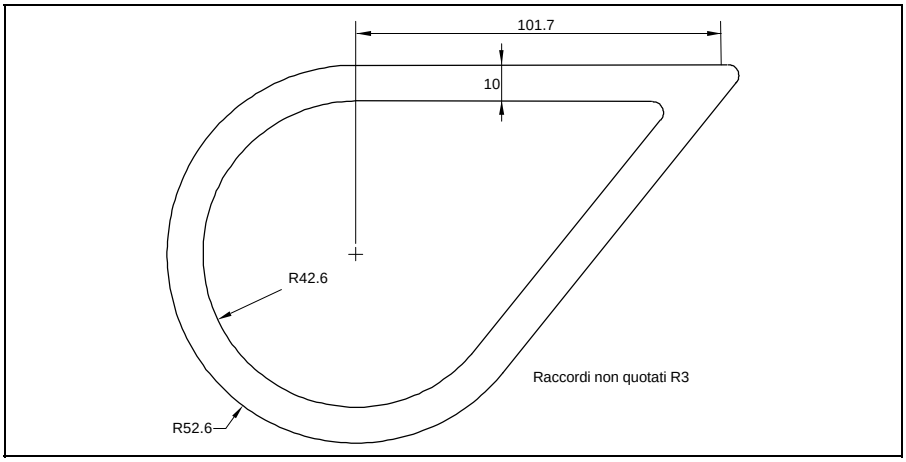


Figura A.29

La tavola in Figura A.31. Può essere realizzata in molti modi, si provi a valutare alcune tecniche di esecuzione, con vantaggi e svantaggi di ciascuna alternativa.

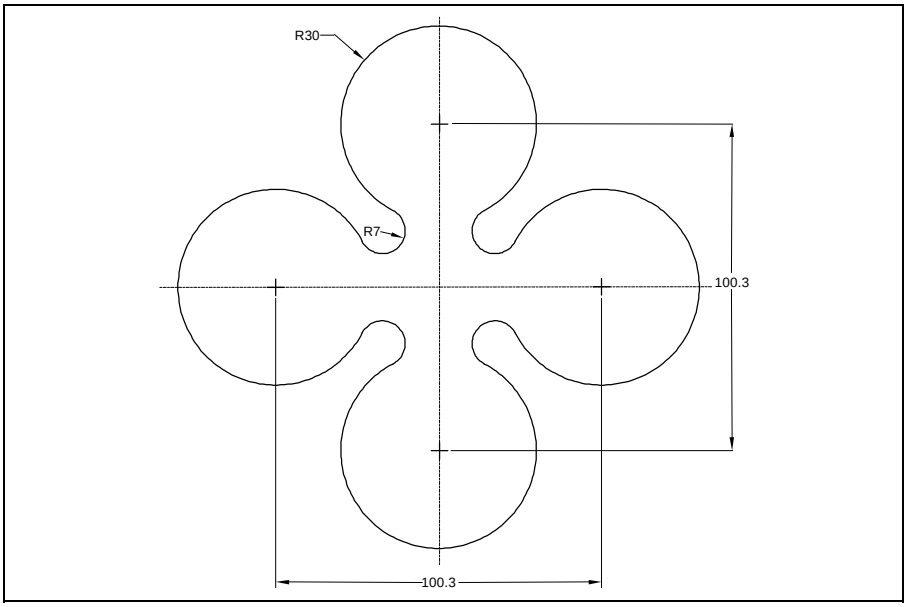


Figura A.31

La tavola in Figura A.33 rappresenta un semplice oggetto realizzabile facendo uso di coordinate cartesiane relative.

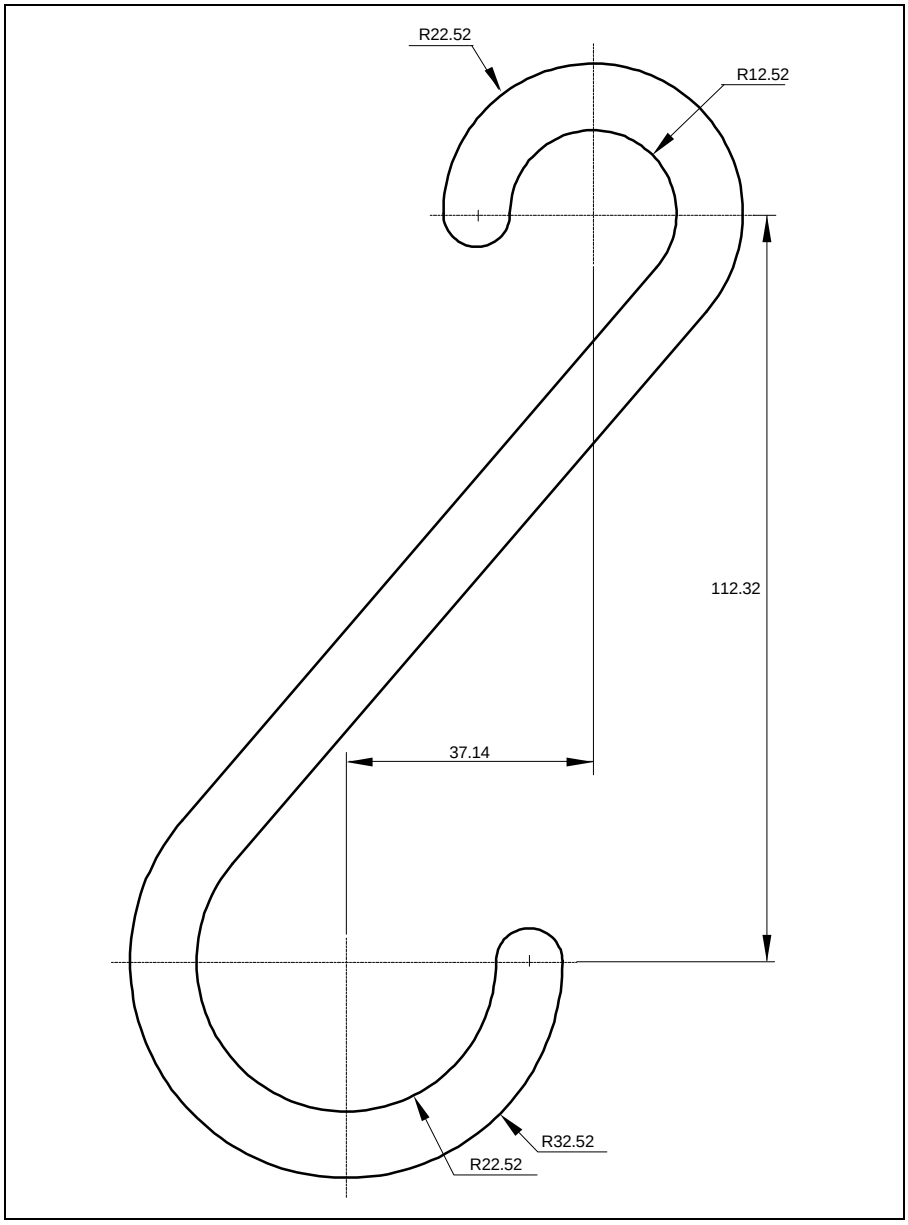


Figura A.33

La tavola in Figura A.35, pur essendo geometricamente identica alla precedente, deve essere realizzata, come ci indicano le quote, con una procedura di lavoro differente utilizzando le coordinate polari.

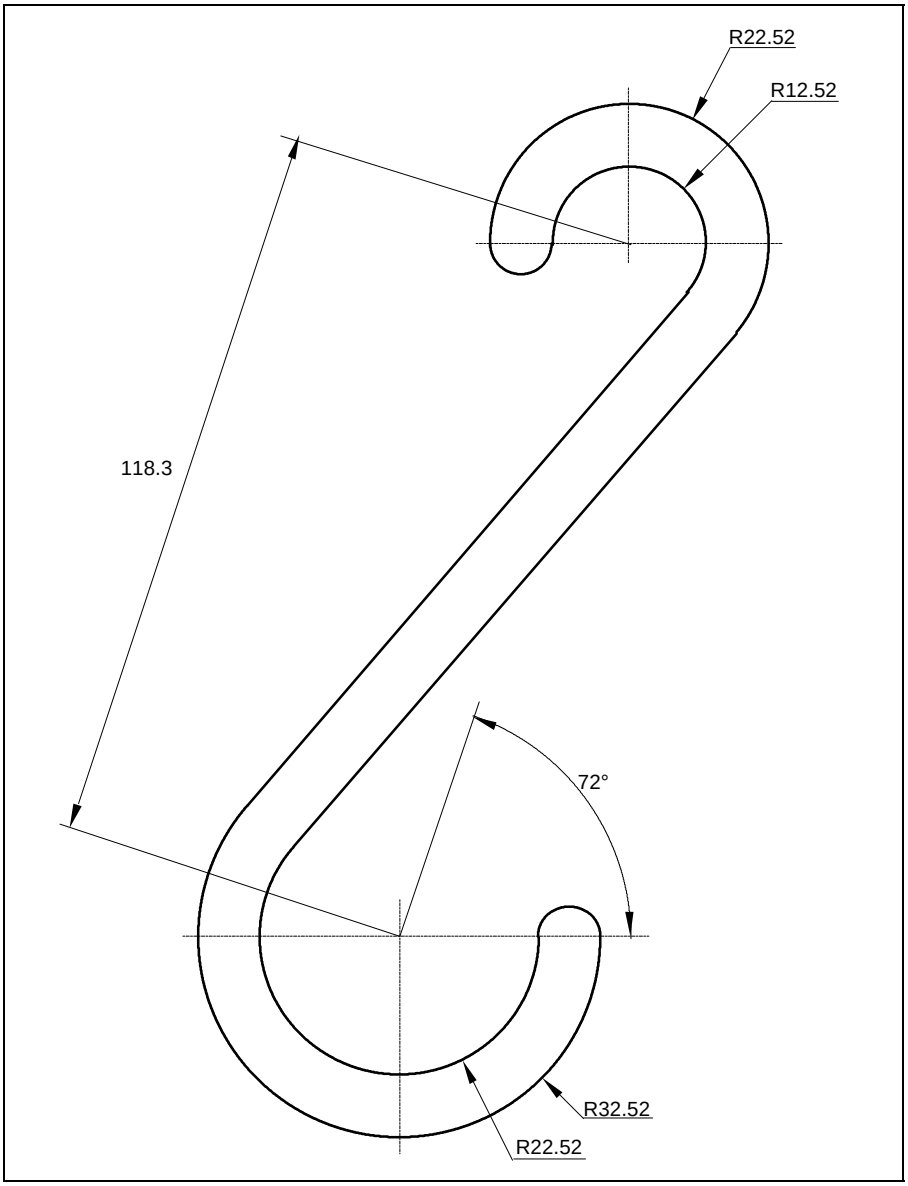


Figura A.35

La tavola in Figura A.37 consente di sperimentare l'impiego dei comandi per la realizzazione di rette parallele.

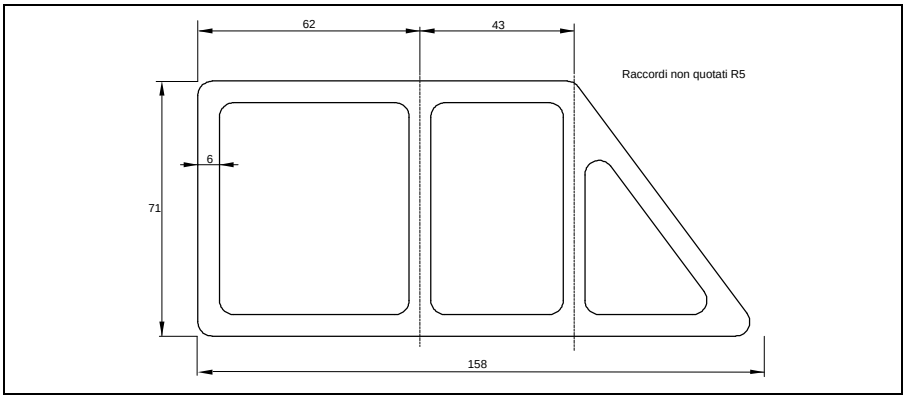


Figura A.37

La tavola in Figura A.39 richiede l'uso di numerosi comandi ed invita ad una strutturazione del disegno in layer, coerentemente con le modalità suggerite.

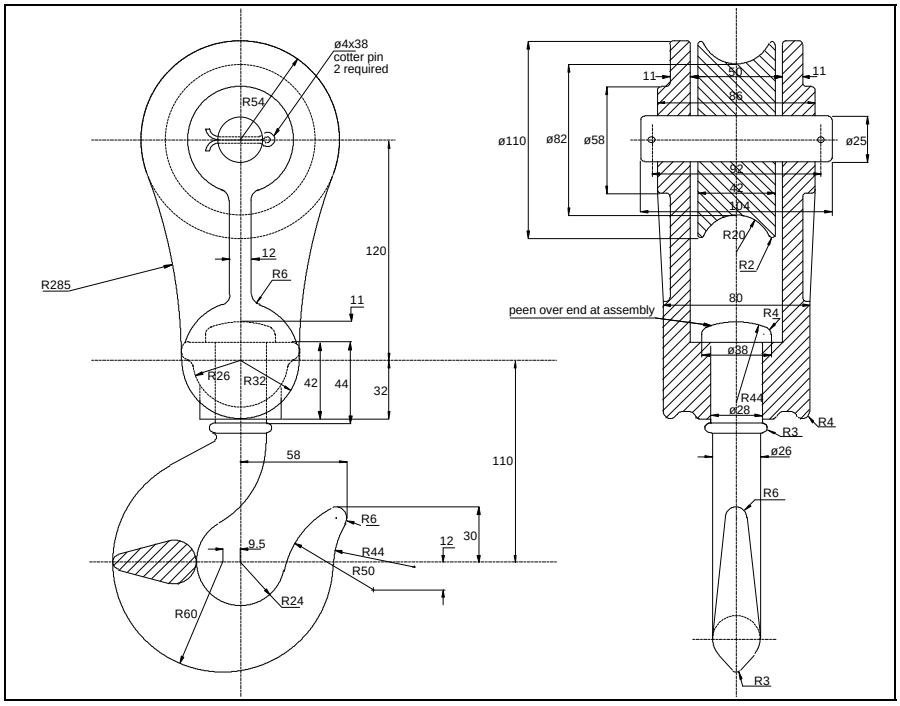
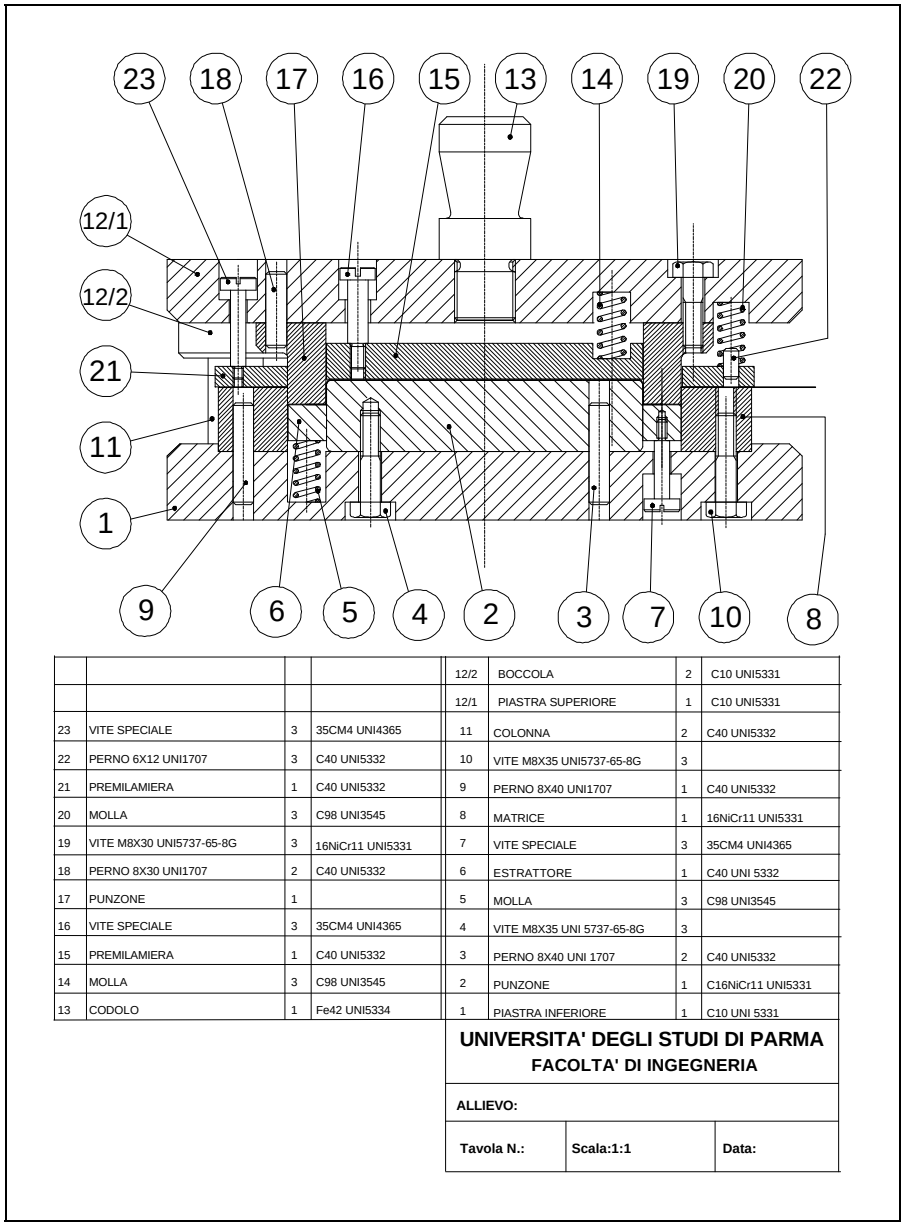


Figura A.39

La tavola in Figura A.41 oltre a suggerire una strutturazione in layer si presta anche alla strutturazione per mezzo di simboli realizzati con il comando Block.



				12/2	BOCCOLA	2	C10 UNI5331
				12/1	PIASTRA SUPERIORE	1	C10 UNI5331
23	VITE SPECIALE	3	35CM4 UNI4365	11	COLONNA	2	C40 UNI5332
22	PERNO 6X12 UNI1707	3	C40 UNI5332	10	VITE M8X35 UNI5737-65-8G	3	
21	PREMILAMIERA	1	C40 UNI5332	9	PERNO 8X40 UNI1707	1	C40 UNI5332
20	MOLLA	3	C98 UNI3545	8	MATRICE	1	16NiCr11 UNI5331
19	VITE M8X30 UNI5737-65-8G	3	16NiCr11 UNI5331	7	VITE SPECIALE	3	35CM4 UNI4365
18	PERNO 8X30 UNI1707	2	C40 UNI5332	6	ESTRATTORE	1	C40 UNI 5332
17	PUNZONE	1		5	MOLLA	3	C98 UNI3545
16	VITE SPECIALE	3	35CM4 UNI4365	4	VITE M8X35 UNI 5737-65-8G	3	
15	PREMILAMIERA	1	C40 UNI5332	3	PERNO 8X40 UNI 1707	2	C40 UNI5332
14	MOLLA	3	C98 UNI3545	2	PUNZONE	1	C16NiCr11 UNI5331
13	CODOLO	1	Fe42 UNI5334	1	PIASTRA INFERIORE	1	C10 UNI 5331

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA
FACOLTA' DI INGEGNERIA

ALLIEVO:

Tavola N.:	**Scala:1:1**	**Data:**

Figura A.41

La tavola in Figura A.43 è stata realizzata utilizzando le funzionalità di modellazione di solidi presenti nel modulo AME di AutoCAD. Questo modulo non è stato trattato in questa appendice. La tavola è stata inclusa allo scopo di suggerire un utilizzo completo delle funzionalità del sistem

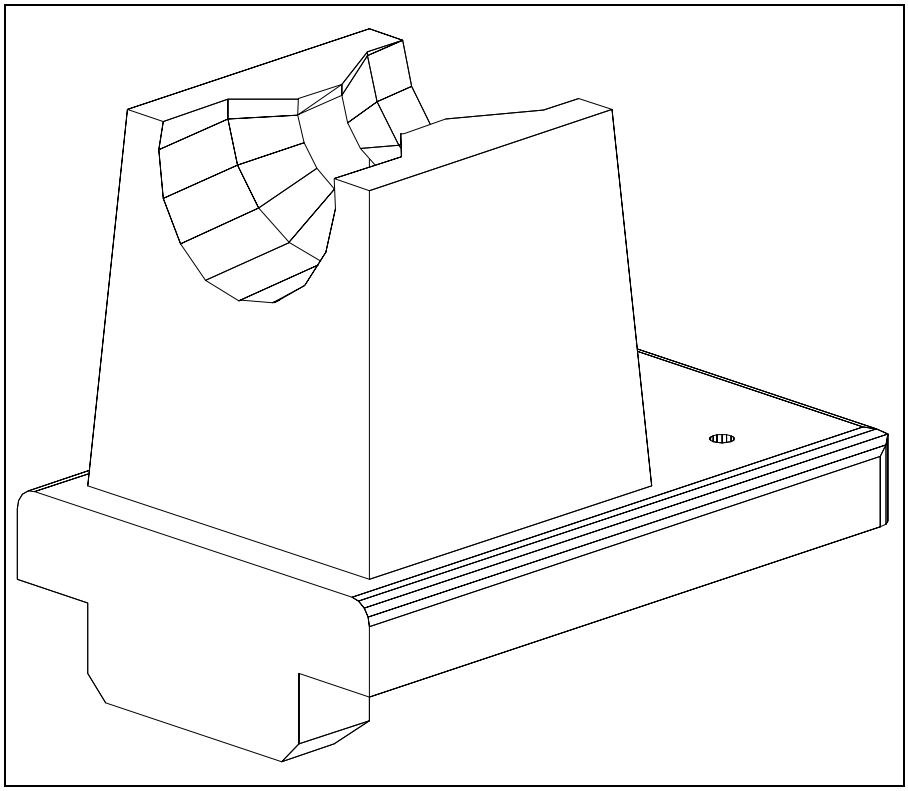


Figura A.43

Appendice B
GBG DraftMaker

Questa appendice presenta le caratteristiche principali del sistema GBG DraftMaker proponendo una rassegna commentata dei principali comandi. Si è volutamente seguito un approccio differente rispetto all'appendice relativa ad AutoCAD: il sistema di Cad.Lab può essere utilizzato per realizzare le stesse esercitazioni proposte per AutoCAD, con l'accortezza di verificare non solo la differente sintassi dei comandi ma anche, in taluni casi, le diverse modalità operative. Per quanto concerne le parti del sistema non trattate in questa appendice si rimanda ai manuali originali e, in particolare, al “Manuale di rapida 38].

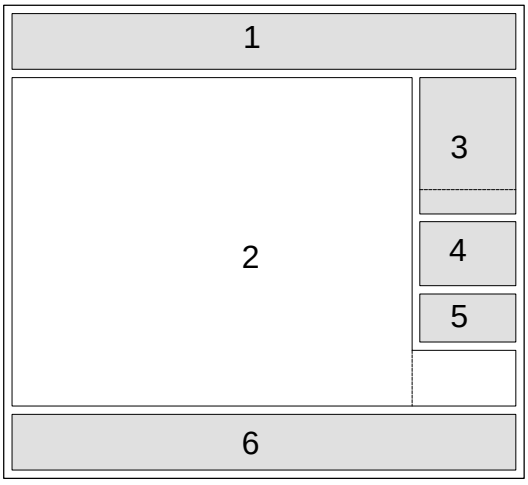


Figura B.2: lay-out di GBG DraftMaker.

B.1. L'interfaccia utente

L’interfaccia utente di un sistema CAD non solo ne contraddistingue l’aspetto ma ne caratterizza anche le modalità di interazione. GBG DraftMaker offre numerosi “pulsanti” sullo schermo allo scopo di facilitare utenti inesperti nell’impiego del programma; utenti con maggiore esperienza nell’utilizzo di GBG DraftMaker,

pick) con un click del mouse le entità grafiche, trascina (*drag*) i simboli, i gruppi o le quote per il posizionamento e seleziona delle aree per lo zoom.

Area menù statici (3). In questa zona sono presenti i principali comandi per il disegno e per il controllo della visibilità; inoltre sono presenti anche i tasti che consentono di attivare di volta in volta i menù dinamici richiesti.

Area menù dinamici (4). In questa zona si alternano, su richiesta dell'utente, vari menù relativi a funzioni più specifiche come il disegno, la quotatura, la gestione di gruppi, ecc.

Area tastierino numerico (5). Visualizza un semplice tastierino numerico per effettuare con rapidità operazioni di input numerico direttamente con il mouse.

Area di colloquio alfa-numerico (6). Utilizzata da GBG DraftMaker per visualizzare messaggi e per la acquisizione di valori numerici e testo da tastiera. Nella versione di GBG DraftMaker per l'ambiente UNIX questa area costituisce una finestra autonoma distinta dalla finestra principale che raggruppa le altre cinque aree; nella versione MS-DOS questa area corrisponde alle ultime linee di testo nella parte inferiore dello schermo, analogamente al layout di AutoCAD.

B.1.1. I valori di default

GBG fa ampio uso di alcune variabili, denominate modali, che assumono valori di default e che controllano numerosi comandi del sistema. Per definire il valore di queste variabili nell'interfaccia utente sono presenti alcuni tasti posti in aree

sempre visibili oppure posti in alcuni pannelli visualizzati su richiesta dell'utente. Le due principali variabili di sistema o modali sono:

`RAGgio.` Questo modale tiene memoria del valore di default per il raggio di circonferenze, archi e raccordi. Se non specificato esplicitamente, tutti i comandi che utilizzano un raggio, utilizzano il valore di questa variabile.

`ALFa` Questo modale tiene memoria del valore di default per le angolazioni di rette, segmenti e trasformazioni.

B.2. Comandi del menù statico

Il menù statico è visualizzato in un'area dello schermo sempre visibile ed accessibile all'utente in ogni fase della seduta di lavoro. In questo menù sono raccolti i comandi che attivano i sotto-menù ed un insieme di comandi di carattere generale utili in ogni fase della realizzazione, modifica e memorizzazione di un disegno.

B.2.1 Comandi di visualizzazione

In questo menù sono raggruppati i principali comandi per il controllo della visualizzazione del disegno, come ad esempio posizione e dimensione delle viste, vista corrente, ecc. Alcuni di questi comandi sono funzionalmente equivalenti ma corrispondono a differenti esigenze dell'utente.

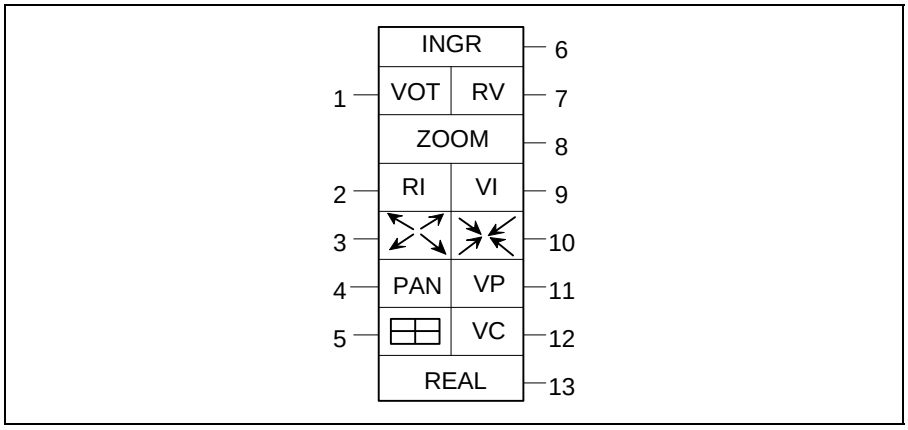


Figura B.4

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.4, sono:

1. `VISta OTTimizzata`: il disegno viene scalato così da occupare esattamente tutta l'area grafica disponibile; è un comando estremamente utile per visionare globalmente l'intero disegno.
2. `RIdisegna`: ridisegna tutte le viste correntemente definite. Questo comando rimedia ad alcuni inconvenienti nella rappresentazione a schermo del disegno. Ad esempio se si hanno due segmenti parzialmente sovrapposti la cancellazione di uno dei due farà scomparire anche la parte sovrapposta dell'altro, ma si tratta solo di un inconveniente grafico, infatti sarà sufficiente il comando RIdisegna per ripristinare la situazione corretta e visualizzare integralmente il segmento.
3. `ZOom`: rimpiccolisce di un fattore predefinito il disegno visualizzando un'area maggiore.
4. `PAN`: trasla la vista corrente del vettore indicato lasciando invariata la scala; premendo questo tasto si visualizza anche un pannello che offre una serie di tasti dal significato molto intuitivo per muoversi nel disegno lungo le direzioni principali.
5. Questo tasto attiva il menù per la definizione delle viste, attraverso cui è possibile selezionare una suddivisione dello schermo in viste secondo una discreta gamma di configurazioni predefinite. Molto interessante è la configurazione a due viste che prevede una vista principale che occupa gran parte dell'area disponibile ed una vista secondaria che occupa lo spazio disponibile al di sotto del tastierino (tra le zone 5 e 6 in Figura B.2).
6. `INGrandimento`: effettua lo zoom di un'area rettangolare selezionata dall'utente; questo è forse il comando di zoom di uso più frequente in quanto consente di ingrandire e traslare con rapidità il disegno evidenziando l'area di interesse.
7. `RIDVista`: ridisegna la sola vista corrente sopperendo agli stessi problemi descritti per il comando RIdisegna.
8. `ZOom`: zoom della vista corrente per il fattore numerico indicato;
9. `VISta INIZiale`: ripresenta la vista iniziale (definita e memorizzata con il comando `DEFinisci V.Iniziale`);
10. `ZOom`: ingrandisce di un fattore predefinito il disegno visualizzando un'area minore e dunque evidenziando maggiormente i dettagli rappresentati.

11. `VISta PREcedente`: riporta la vista corrente nelle condizioni precedenti all'ultima operazione di zoom o di pan. Questo comando è molto utile per muoversi con rapidità tra due livelli di zoom differenti.
12. `VCorrente`: definisce come vista corrente la vista indicata dall'utente. Alla vista corrente vengono applicate le operazioni di zoom e pan descritte in precedenza. Graficamente la vista corrente è riconoscibile per il colore del bordo che la distingue dalle altre.
13. `ZOom REAlistica`: riporta il disegno in scala 1:1 corrispondentemente all'unità di misura scelta dall'utente con il comando `DEFinisci U.Misura`.

B.2.2 Comandi per la definizione di punti

In questo menù sono raggruppati i comandi per la selezione di punti notevoli quali estremi di segmento, contro di cerchio, punto di intersezione, ecc. Questi comandi possono essere utilizzati ogni qual volta è necessario fornire al sistema un punto, all'interno di un qualunque altro comando.

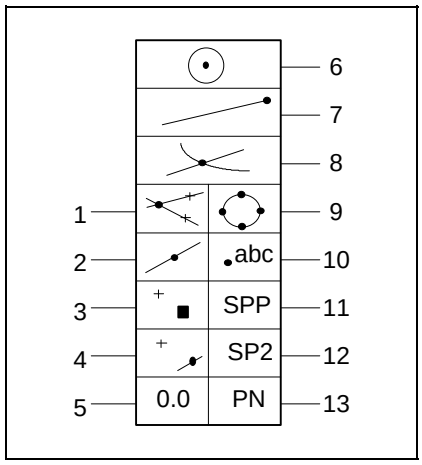


Figura B.6.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.6, sono:

1. `PINtersezione`: individua, con due selezioni, un punto come intersezione di due primitive. Questo comando è da utilizzare, in `PINTSingolo` qualora questo fallisca, come nel caso di linee tratteggiate, o nel caso di disegni particolarmente affollati.

2. `PMEdio`: individua un punto come punto medio di una primitiva.
3. `PIXEL`: coordinate del pixel (di un'immagine caricata con GBG Raster) più vicino al punto selezionato con il mouse
4. `SOPra`: individua, con una selezione, un punto proiezione di punto su primitiva. Questo comando può essere molto utile ad esempio quando si desidera tracciare un segmento che inizia esattamente "su" una primitiva grafica esistente ma non è importante fissarne con esattezza la dislocazione lungo questa.
5. Individua il punto origine del sistema di riferimento, il punto di coordinate (0,0). Equivale a digitare da tastiera la stringa "\0.0 0.0".
6. `CENtro`: Individua il punto centro dell'arco o del cerchio selezionati. Si tratta di un sotto comando molto utile nella costruzione di circonferenze concentriche ed in alcune quotature.
7. `ESTremo`: individua un punto come estremo di segmento o di un arco. Come per tutti gli altri punti notevoli anche in questo caso l'utilizzo di questo comando consente di produrre disegni estremamente precisi senza dovere calcolare le coordinate di ciascun punto.
8. `PINTSingolo`: individua, con una selezione unica, un punto che è posto nell'intersezione di due primitive. Questo comando va utilizzato con cautela nel caso di disegni particolarmente affollati, in cui il punto calcolato dal sistema CAD potrebbe non coincidere con quello voluto dall'utente.
9. `VERTice`: individua un punto notevole della primitiva: vertice di conica o quadrante di cerchio. Aiutandosi con questo sotto comando si possono, ad esempio, tracciare rapidamente gli assi di una circonferenza.
10. `ORIgine`: individua un punto origine del testo selezionato.
11. SOP.Raster: individua, con una selezione, la proiezione di un punto su una linea di un'immagine raster. Si utilizza con il modulo GBG Raster.
12. `P2SOpra`: individua, con una selezione, la proiezione del punto di selezione sulla primitiva stessa. E' un comando analogo a `SOPra`.
13. Attiva il menù delle coordinate polari e cartesiane: con questo menù si ha accesso a tutte le combinazioni delle coordinate relative, assolute e polari. In particolare con `X` ed `Y` si possono fornire le coordinate

assolute, con PX e PY le coordinate relative rispetto all'ultimo punto selezionato, con DX e DY le coordinate relative rispetto ad un punto da indicarsi mentre con TETAx e LUNghezza si utilizzano le coordinate polari di un sistema di riferimento centrato nell'ultimo punto selezionato.

B.2.3 Comandi per modifiche, copie e spostamenti

Questo menù di comandi consente di operare con estrema rapidità sul disegno modificando con taglio od estensione le primitive sul disegno. Sono inoltre presenti i comandi che permettono di applicare la trasformazione corrente con operazioni di copia o sposta.

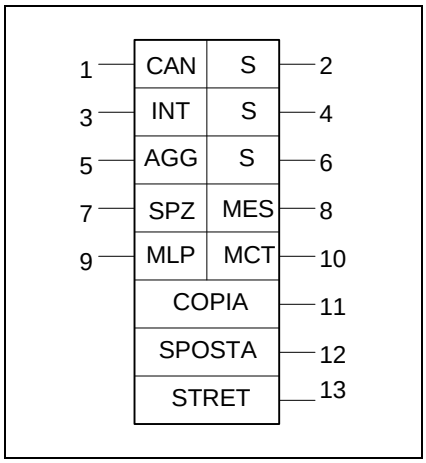


Figura B.8.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.8, sono:

1. CANcella: cancella dal modello CAD e dall'area grafica le primitive selezionate. Porre attenzione nell'utilizzo di questo comando perché rimane attivo sino al comando successivo oppure ai comando HAlt o ANNulla.
2. CANcella SINGolo: cancella la parte di primitiva selezionata fino alle prime due intersezioni con altre primitivo oppure ad un estremo. E' un comando di estrema utilità che consente di velocizzare l'attività di disegno. Grazie a questo comando l'utente può disegnare utilizzando le "rette", dei segmenti particolari che GBG crea con lunghezza superiore alle dimensioni dello schermo, e successivamente rimuovere quelle parti di "retta" che non sono richieste.

3. `INTerseca`: spezza le due primitive selezionate nei punti della loro intersezione. Molto utile per predisporre le primitive a successive operazioni di campitura o di raccordo ed anche per generare dei punti notevoli da utilizzare successivamente per altri comandi.
4. `INTerseca SINGolo`: spezza la prima delle due primitive nei punti in cui viene intersecata dalla seconda primitiva selezionata. Questa è una versione di utilizzo ancora più rapido del comando precedente.
5. `AGGiusta`: modifica la lunghezza di due primitive portandole ad avere un estremo in comune. Caratteristica di questo comando è la sua flessibilità di utilizzo, infatti può operare sia in situazioni in cui siano richiesti tagli alle primitive che in situazioni dove sia necessario estendere una o entrambe.
6. `AGGiusta SINGolo`: modifica l'estremo della prima primitiva grafica selezionata portandolo sulla seconda primitiva selezionata. Anche questo comando utilizza indifferentemente funzioni di taglio e di estensione in funzione delle esigenze dello specifico caso.
7. `SPEzza`: spezza tutte le primitiva che intersecano il segmento congiungente i punti indicati.
8. `MODifica ESEGmento`: sposta l'estremo del segmento selezionato nel punto indicato.
9. `MODifica LPRImitiva`: Modifica la lunghezza della primitiva fino ad avere un estremo nel punto selezionato. Questo comando è di una estrema comodità ad esempio nel ridimensionare gli assi di una figura, tipica operazione che non richiede precisione numerica ma che può essere fatta allungando il segmento fino a raggiungere una lunghezza "visivamente" soddisfacente.
10. `MODifica CTEsto`: modifica il contenuto di un testo, lasciandone invariati gli attributi, quali fonte, dimensioni, colore, ecc. Questo comando è fondamentale per variare ad esempio il contenuto delle annotazioni poste sul disegno senza cancellare e ricreare l'annotazione.
11. `COPia`: copia le primitive selezionate con la trasformazione corrente. Questo comando consente di utilizzare le trasformazioni di rotazione, traslazione, ecc., definite con gli appositi comandi. Le primitive originali vengono conservate e viene creata una copia trasformata, secondo la trasformazione corrente, di queste. Se la selezione delle

primitive da trasformare è preceduta dall'input di un valore intero il comando genera altrettante copie applicando nuovamente la trasformazione sul risultato della applicazione precedente. Questa caratteristica consente di ottenere facilmente pattern circolari e rettangolari di elementi ripetuti. Il comando `COPIa` presenta inoltre due sotto comandi che consentono di realizzare delle copie "intelligenti" secondo la trasformazione corrente. Il sotto comando `PUInterno`, attivabile selezionando il tasto corrispondente nell'apposito pannello, esegue il numero richiesto di copie delle primitive che definiscono il contorno dell'area chiusa di cui il disegnatore ha selezionato un punto interno. Comportamento analogo per il sotto comando `PUI.Nisole` che esclude dalla copia eventuali aree e dunque contorni eventualmente racchiusi dall'area selezionata.

12. `SPOsta`: sposta le primitive selezionate con la trasformazione corrente. Pertanto le primitive originali vengono distrutte e rimangono solamente le primitive trasformate.
13. `STRetch`: trasforma le primitive interne all'area selezionata secondo la trasformazione corrente e stira i segmenti sui bordi dell'area stessa. Operativamente avviene che l'estremo dei segmenti interni alla finestra vengono trasformati secondo la trasformazione corrente mentre gli estremi esterni alla finestra conservano immutata la loro posizione.

B.2.4 Comandi per la selezione di primitive

Questo menù consente di selezionare insiemi di primitive per tutti quei comandi che richiedono selezioni multiple, come ad esempio i comandi di cancellazione, trasformazione e gestione degli attributi. Tutte le selezioni di entità, indipendentemente dal comando entro il quale avvengono, devono essere terminate dal comando `EOS`(End of Selection).

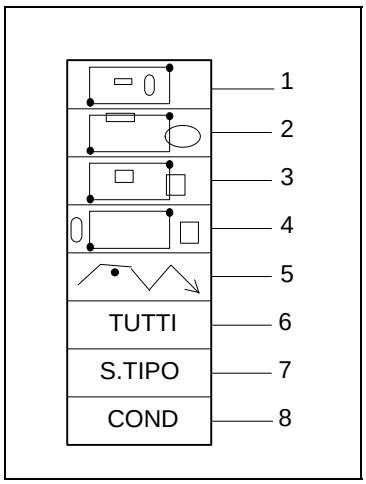


Figura B.10.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.10, sono:

1. `FINestra`: seleziona le primitive interne all'area individuata da due punti diagonalmente opposti. Questo è il metodo più frequente per la

2. `CFInestra`: seleziona le sole primitive che intersecano il rettangolo che delimita l'area individuata dai due punti forniti dall'utente. Comando utile in situazioni particolari, di utilizzo non frequente.

3. `TFInestra`: seleziona le primitive che intersecano il rettangolo che delimita l'area selezionata dall'utente con due punti oppure che sono all'interno dell'area stessa.

4. `COMplementare`: seleziona le primitive esterne all'area individuata dall'utente con due punti. Questo comando può essere molto utile nella selezione di parti di disegno, qualora si voglia escludere dalla selezione una zona centrale.

5. `CATena`: seleziona le primitive concatenate cui appartiene la primitiva selezionata. Con questo comando si possono facilmente selezionare profili o spezzate ad esempio per modificarne rapidamente gli attributi grafici.

6. `TUTtti`: seleziona tutte le primitive sui layer attivi. In questo modo si possono cancellare ad esempio tutte le primitive di un layer.

7. Visualizza un pannello in cui sono rappresentati iconicamente tutti i tipi di primitiva. Selezionando un elemento da questo pannello si selezionano automaticamente tutte le entità del tipo corrispondente.

8. Attiva il menù per la definizione di condizioni di selezione anche molto complesse. Questo menù offre consente di operare delle selezione combinando con operatori logici, and, or, not e xor, condizione di selezione su attributi grafici e caratteristiche geometriche delle primitive.

B.2.5 Comandi di utilità

Questo menù racchiude varie funzionalità, dal controllo della seduta di lavoro alla interrogazione della geometria del disegno.

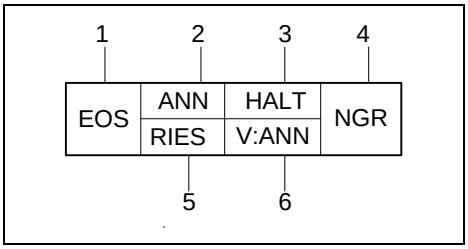


Figura B.12.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.12, sono:

1. `EOS`: terminatore di selezione (End Of Selection). Questo comando termina tutte le operazioni di selezioni di entità, indipendentemente dal comando entro il quale avvengono ed indipendentemente dalla modalità di selezione scelta.

2. `ANNulla`: annulla l'ultima operazione eseguita dall'utente. Questo comando è fondamentale per rimediare a comandi errati oppure a distrazioni nell'input di dati. Questo comando ha valore per tutti i comandi ad eccezioni di quelli che operano sul disco come il comando `CArica DISEgno` e `SAlva DISEgno`. Per annullare a sua volta il comando di `ANNulla` utilizzare il comando `RIESegui`.

3. `HAlt`: interrompe il comando in esecuzione. Viene utilizzato principalmente per interrompere i comando con ripetizione automatica, come ad esempio il comando `CANcella SINGolo`.

4. NGR: è uno strumento per l'interrogazione del disegno utilizzabile ogni qual volta sia necessario fornire al sistema un input numerico.

Con questo comando è possibile conoscere, dal disegno, angoli, raggi, diametri, distanze, ecc. Può essere utilizzato ogni volta che sono richiesti ad esempio un angolo oppure una distanza. Per conoscere la lunghezza di una primitiva è sufficiente selezionarla due volte, mentre selezionando due segmenti differenti si ottiene la distanza se sono paralleli, e l'angolo compreso se sono incidenti. L'utilizzo di NGR con un unica selezione terminata da EOS consente di conoscere gli angoli con l'orizzontale dei segmenti, il raggio di archi e circonferenze, ecc.

5. `RIESegui`: riesegue l’ultimo comando annullato con `ANNulla`. Questo comando consente di muoversi agevolmente nella sequenza di operazioni eseguite ricostruendo le operazioni annullate da `ANNulla`. Questo comando ha valore per tutte le operazioni annullate da `ANNulla` e non per una sola.
6. V.ANNulla: visualizza la lista dei comandi annullabili eseguiti precedentemente e consente all'utente di eliminarne uno senza eliminare, quando possibile, tutti i comandi che lo hanno seguito. Si tratta di un comando molto potente che richiede un poco di dimestichezza e comunque da utilizzare con cautela.

B.3. Menù dinamici

Nell’area denominata menù dinamici appaiono di volta in volta i menù corrispondenti al contesto operativo selezionato, o alla specifica applicazione di GBG DraftMaker attiva.

B.3.1 Menù Definizione Segmenti

Questo menù racchiude i comandi per la definizione di rette e segmenti. E’ necessario evidenziare la differenza tra queste due entità: le rette sono linee che si estendono oltre i limiti dello schermo intese come linee di costruzione o linee destinate ad essere tagliate nel corso delle fasi successive del lavoro. I segmenti invece sono segmenti di retta con una lunghezza determinata con esattezza al momento della creazione.

Tutti questi comando vengono utilizzati quasi esclusivamente in combinazione con la selezione di punti notevoli e con l'utilizzo di coordinate relative e polari. Molto raramente si procede selezionando direttamente i punti sullo schermo in modalità libera oppure digitandone le coordinate assolute.

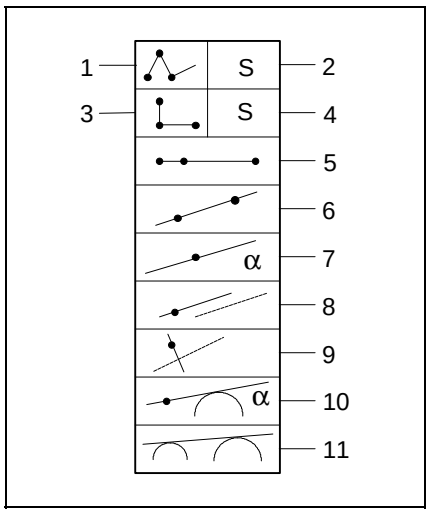


Figura B.14.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.14, sono:

1. `SEGmento MULtiplo`: traccia una spezzata per n punti selezionati liberamente dall'utente. Per interrompere questo comando è sufficiente selezionare un nuovo comando oppure interrompere esplicitamente l'operazione con `HAlt`.
2. `SEGmento SINGolo`: traccia un segmento singolo passante per i due punti liberamente selezionati dall'utente.
3. `SEGmento HV`: traccia una spezzata vincolata a muoversi esclusivamente nelle direzioni verticale ed orizzontale. Anche in questo caso per interrompere il comando è sufficiente selezionare un nuovo comando oppure interrompere esplicitamente l'operazione con `HAlt`.
4. `SEGmento HV SINGolo`: traccia un segmento passante per il primo punto e per la proiezione orizzontale o verticale del secondo punto.
5. `SEGmento ASSe`: traccia un segmento orizzontale o verticale passante per un punto ed i cui estremi sono determinati dalla proiezione di due punti selezionati successivamente. Con questo comando è possibile ad esempio realizzare rapidamente un gruppo di viste in proiezioni ortogonali. E' un comando decisamente inusuale nei sistemi CAD ma non per questo meno utile. La sua presenza rivela la

stretta aderenza dei comandi di GBG DraftMaker alle esigenze del disegnatore principalmente di ambito meccanico.

6. `REtta`: traccia una retta passante per due punti. In realtà non viene tracciata una retta di lunghezza infinita ma un segmento che si estende poco oltre i limiti dell'area visibile sullo schermo, dipendentemente dal fattore corrente di zoom. Ciò significa che con due fattori di zoom differenti si otterranno rette di lunghezza diversa. Si tratta di un comando molto utile per tracciare rapidamente degli schizzi e solo successivamente eliminare le parti superflue di retta con il comando `CANcella SINGolo`.
7. `REtta PANGolo`: traccia una retta inclinata di un angolo indicato sull'orizzontale e passante per il punto selezionato. L'angolo è riferito all'asse orizzontale.
8. `REtta PARALlela`: questo comando racchiude in realtà due comandi differenti. a) retta parallela alla retta selezionata e passante per il punto indicato; b) retta parallela alla retta selezionata alla distanza indicata.
9. `REtta PERPendicolare`: traccia una retta perpendicolare al segmento o retta selezionati e passante per il punto indicato.
10. `REtta TANGente`: anche questo comando assolve a due funzioni differenti. a) traccia la retta tangente alla circonferenza o arco selezionati e passante per il punto indicato; b) traccia la retta tangente alla circonferenza o arco selezionati e inclinata di un valore indicato sull'orizzontale.
11. `REtta BITANente`: traccia una retta tangente i due archi o circonferenze selezionati.

B.3.2 Menù Definizione circonferenze

Questo menù raccoglie i comandi per la costruzione di circonferenze.

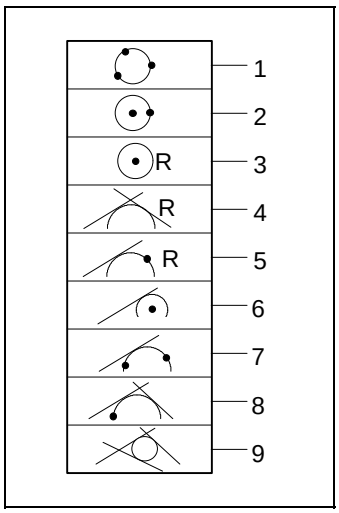


Figura B.16.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.16, sono:

1. `CIRconferenza P3PUNTI`: traccia una circonferenza per tre punti selezionati liberamente dall'utente.
2. `CIRconferenza CPunto`: traccia una circonferenza avente centro dato e passante per un punto. Questo stesso comando può essere utilizzato per costruire una circonferenza dato centro e raggio, con raggio diverso dal modale `RAGgio`, semplicemente digitandone il valore del raggio dopo la selezione del centro.
3. `CIRconferenza`: traccia una circonferenza dati centro e raggio. Questo comando non richiede all'utente l'inserimento di un valore per il raggio ma utilizza il valore del modale `RAGgio`. Questo comando si presenta di intuitivo utilizzo in quanto il semplice movimento del cursore nell'area grafica produce un'immediato feed back della circonferenza che si sta tracciando. Altra caratteristica è la ripetitività: infatti tracciata una circonferenza si predispone automaticamente per tracciarne una successiva. Si può interrompere implicitamente con un altro comando oppure esplicitamente con il comando `HAlt`.
4. `CIRconferenza BITangente`: traccia una circonferenza tangente due circonferenze od archi selezionati ed avente raggio pari al raggio corrente, cioè al valore del modale `RAGgio`.
5. `CIRconferenza PTangente`: traccia una circonferenza tangente un segmento, una retta, una circonferenza od un arco, passante per il

punto selezionato ed avente raggio pari al raggio corrente, cioè al valore del modale `RAGgio`.

6. `CIRconferenza CTangente`: traccia una circonferenza tangente un segmento, una retta, una circonferenza od un arco avente per centro il punto indicato.
7. `CIRconferenza P2PTangente`: traccia una circonferenza tangente un segmento, una retta, una circonferenza od un arco e passante per i due punti indicati.
8. `CIRconferenza PBItangente`: traccia una circonferenza tangente due segmenti, rette, circonferenze od archi e passante per il punto selezionato.
9. `CIRconferenza TRItangente`: traccia una circonferenza tangente tre segmenti, rette, circonferenze od archi.

B.3.3 Menù Definizioni varie

Questo menù racchiude varie funzioni per il tracciamento di archi, poligoni, ecc. Molto utile e di facile utilizzo i comandi per la realizzazione di campiture.

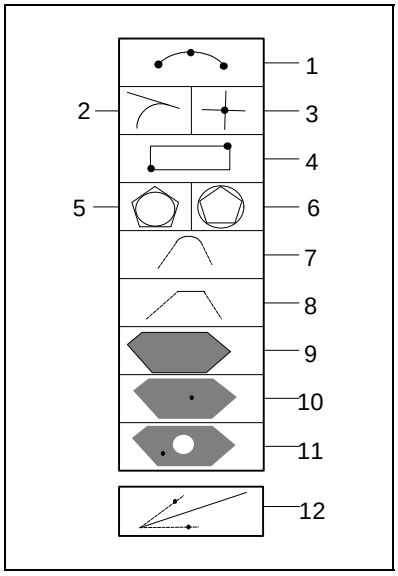


Figura B.18.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.18, sono:

1. ARCo: traccia un arco di cerchio passante per i tre punti indicati dall'utente. GBG DraftMaker non offre una grande varietà di comandi nella costruzione di archi ma questa carenza è compensata dalla ricchezza dei comandi per la costruzione di circonferenze e dalla facilità con cui è possibile parte di queste per ottenere l'arco desiderato.
2. RACcordo PTangente: traccia un raccordo tangente ai due segmenti selezionati e passante per l'estremo del primo segmento più vicino al punto di selezione dello stesso. Si tratta di un comando abbastanza inusuale ma utile in alcune situazioni.
3. PUNto: crea un punto nella posizione indicata e lo visualizza con un marker. Coerentemente con le modalità tradizionali del disegno GBG DraftMaker scoraggia l'utilizzo di punti come entità grafiche allo stesso livello di segmenti, circonferenze, ecc. In casi particolari è comunque possibile creare un punto utilizzando questo comando.
4. POLIgono RETTANgolo: traccia un rettangolo dati due punti diagonalmente opposti. Si noti che il risultato di questo comando non è un'entità rettangolo ma quattro entità segmento opportunamente disposte.
5. POLIgono REGolare CIRCOscritto: traccia un poligono avente un numero di lati pari all'intero indicato dall'utente e circoscritto ad una circonferenza di raggio pari al valore del raggio corrente, memorizzato dal modale RAGgio.
6. POLIgono REGolare INSscritto: traccia un poligono avente un numero di lati pari all'intero indicato dall'utente e inscritto in una circonferenza di raggio pari al valore del raggio corrente, memorizzato dal modale RAGgio.
7. RACcordo: traccia un raccordo tra le due primitive grafiche selezionate di raggio pari al valore del raggio corrente, memorizzato dal modale RAGgio.
8. SMUsso: traccia uno smusso tra i due segmenti selezionati data la distanza dal punto di intersezione ed eventualmente l'angolo. E' necessario inserire prima la distanza, poi se necessario il valore del raggio, preceduto dal comando ALFa, e quindi procedere alla selezione dei due segmenti.
9. CAMpitura: campitura dell'area delimitata dalle primitive indicate dall'utente effettuata secondo gli stili correnti di campitura. Questo è

il classico comando di campitura, con modalità analoghe a quelle degli altri sistemi CAD.

10. `CAMpitura PUI.Nisole`: campitura di un'area indicato un punto al suo interno. Questo comando è estremamente veloce per la generazione di aree campite e sono pochi i sistemi CAD concorrenti che offrono un comando altrettanto veloce ed efficace.
11. `CAMpitura PUInterno`: campitura di un'area indicato un punto al suo interno con esclusione di eventuali sotto aree racchiuse al suo interno, denominate isole da GBG DraftMaker. Anche questo comando è da evidenziare per la velocità, con una sola selezione è possibile campire aree anche molto variegate, con isole al loro interno.
12. `ASSI2PR`: questa icona attiva un comando dall'uso molteplice: a) selezionando due segmenti non paralleli ne traccia la bisettrice; b) selezionando due segmenti paralleli traccia la retta parallela ad entrambi posta centralmente ai due; c) selezionando due volte lo stesso segmento traccia una retta perpendicolare a questo e passante per il suo punto medio; d) selezionando due volte un arco o una circonferenza ne traccia gli assi. Si tratta certamente di un comando di estrema utilità pensato per il disegno tecnico.

B.3.4 Menù Impostazione trasformazioni

Questo menù racchiude i comandi per la definizione della trasformazione corrente. Una volta definita questa trasformazione rimane memorizzata ed utilizzabile con i comandi `COPIa` e `SPOsta`.

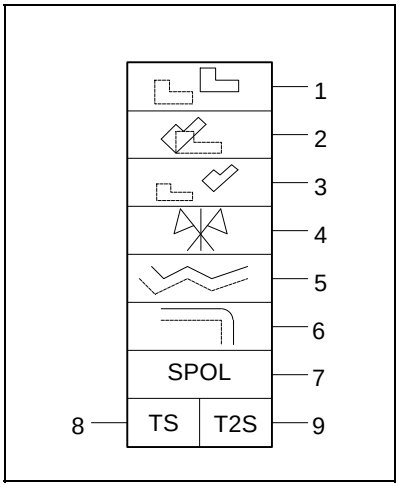


Figura B.20.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.20, sono:

1. `TRASlazione`: imposta, come trasformazione corrente, una traslazione pari al vettore definito dalla selezione di due punti oppure pari ad uno spostamento lungo X e lungo Y indicato da tastiera. Eventualmente è possibile attivare contemporaneamente una trasformazione di scala con il comando `T.SCAla` seguito da un fattore di scalatura.

2. `ROTAzione`: imposta, come trasformazione corrente, una rotazione di un angolo indicato con il sotto comando `ALFa` seguito da un valore e con centro nel punto indicato.

3. `ROTOtraslazione`: imposta, come trasformazione corrente, una rototraslazione che porta il vettore individuato dalla selezione di due punti a coincidere con il vettore individuato dalla selezione di altri due punti. Si tratta di un modo originale per definire una rototraslazione ma che si rivela aderente alle esigenze tipiche di un disegnatore tecnico.

4. `SASsiale`: imposta, come trasformazione corrente, una trasformazione di simmetria. L'asse di simmetria può essere individuato in tre modalità alternative corrispondenti a tre sotto comandi, corrispondenti a tre tasti di un sotto menù che si apre in corrispondenza del comando `SASsiale`: a) `SASsiale ORIZzontale`, individua un asse orizzontale avente la stessa coordinata Y del punto selezionato; b) `SASsiale VERTICAle`,

individua un asse verticale avente la stessa coordinata X del punto selezionato; c) `SASsiale P2Punti`, individua un asse passante per i due punti selezionati.

5. `OFFSet`: imposta, come trasformazione corrente, una trasformazione di offset alla distanza indicata. Utilizzando questa trasformazione, con i comandi `COPIa` e `SPOsta`, si possono ad esempio realizzare rapidamente segmenti paralleli a segmenti dati ma anche poligonali intere poste alla distanza indicata da una poligonale esistente.
6. `OFFSet SPECiale`: imposta, come trasformazione corrente, una trasformazione analoga alla precedente ma arrotondando spigoli risultanti che sottendono un angolo maggiore di 90°. L'arrotondamento viene effettuato con un raggio di raccordo pari alla distanza di offset. Si tratta di un comando molto utile che consente di velocizzare in modo significativo alcune attività del disegno.
7. `SPOLigonale`: elimina le zone non selezionate in copie di offset che hanno generato maglie intrecciate. Questo comando, per il vero di non immediato utilizzo, si presenta molto utile abbinato al comando di offset. Quando si realizzano degli offset di profili, accade di generare nuovi profili i cui segmenti si intersecano a formare delle maglie. In questo caso si utilizza il sotto comando `SPOLigonale` e si indicano le maglie che si intendono confermare, terminando la selezione con il comando `EOS`. GBG DraftMaker provvede automaticamente a rimuovere le maglie non selezionate. In questo modo si riescono ad ottenere buoni risultati con rapidità anche per profili molto complessi.
8. `T.SCAla`: imposta, nell'ambito della trasformazione corrente, una trasformazione di scalatura per il fattore indicato.
9. `T.2SCale`: imposta, nell'ambito della trasformazione corrente, una trasformazione di scalatura dimetrica, differenziando i fattori di scalatura per le coordinate x ed y.

B.3.5 Menù Definizione quote e testi

Questo menù raggruppa tutte le funzionalità per la quotatura dei disegni. Le DraftMaker sono di utilizzo estremamente semplice ed intuitivo a differenza di quanto avviene per numerosi altri sistemi CAD 2D.

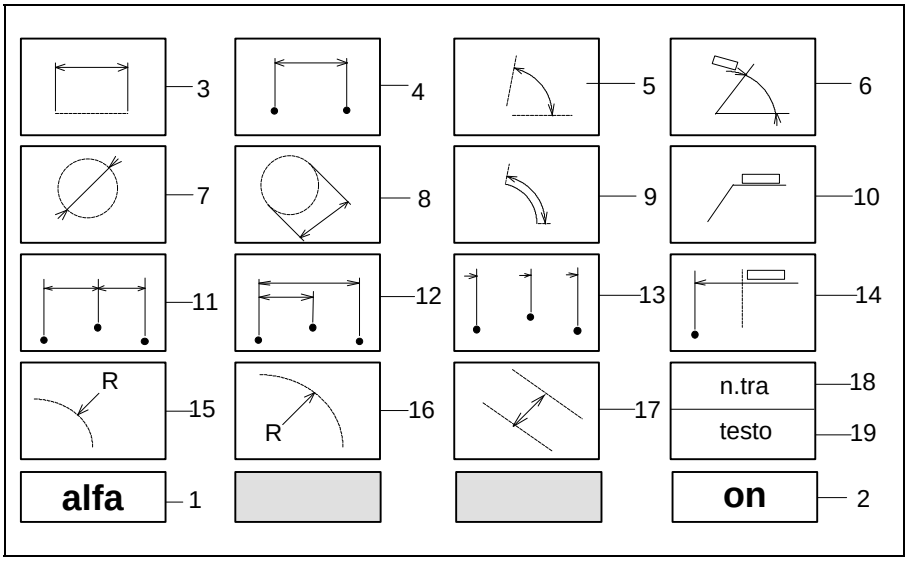


Figura B.22.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.22, sono:

1. ANGQuo: il tasto ALFA attiva questo comando che imposta un angolo di riferimento per le quote che acquisisce un significato specifico per ciascuna tipologia di quota. Questa angolo di riferimento è utilizzato dal sistema CAD solo quando il tasto (2) assume il valore ON.

2. Questo tasto rappresenta un interruttore per la modalità di quotatura vincolata: attiva/disattiva una quotatura vincolata all'angolo definito con il tasto ALFA, corrispondente al comando ANGQuo, del sotto menù dinamico quote e testi.

3. QUota QLunghezza / QUota QLA: quota la lunghezza del segmento selezionato. Se la quotatura è vincolata (ON) attiva il comando QUota QLA che quota la proiezione con inclinazione ANGQuo del segmento selezionato. Se la modalità di quotatura non è vincolata (OFF) attiva il comando QUota QLunghezza che quota parallela il segmento con una quota parallela allo stesso e ne misura la vera lunghezza.

4. QUota QSpeciale / QUoata QSA: quota la distanza tra due punti selezionati. Se la quotatura è vincolata (ON) attiva il comando QUota QSA e quota la proiezione con inclinazione ANGQuo del segmento congiungente i due punti selezionati. Se la modalità di quotatura non è

vincolata (OFF) attiva il comando QUota QSpeciale che quota la vera distanza tra i due punti con una quota parallela alla congiungente.

5. QUota QAngolo / QUota QAA: quota un angolo. Se la quotatura è vincolata (ON) attiva il comando QUota QAA che quota dell'angolo del segmento selezionato rispetto ad una linea di inclinazione ANGQuo. Se la modalità di quotatura non è vincolata (OFF) attiva il comando QUota QAngolo che quota l'angolo tra i due segmenti selezionati.

6. QUota QAE / QUota QAEA: quota un angolo con indicazione da parte dell'utente del quadrante di posizionamento della quota. Se la quotatura è vincolata (ON) attiva il comando QUota QAEA che quota dell'angolo del segmento selezionato rispetto ad una linea di inclinazione ANGQuo. Se la modalità di quotatura non è vincolata (OFF) attiva il comando QUota QAE che quota l'angolo tra i due segmenti selezionati.

7. QUota QDiametro: quota il diametro della circonferenza selezionata ponendo la quota all'interno della circonferenza con inclinazione specificata dall'utente. Se si specifica l'inclinazione con il comando ANGQuo, la selezione di posizionamento non determina più l'angolo ma la posizione del testo.

8. QUota QDEsterna: quota esternamente il diametro dell'arco o della circonferenza selezionati con un angolo specificato mediante selezione dall'utente. Se l'angolo viene fissato esplicitamente, nel corso del comando con il comando ANGQuo, la selezione di posizionamento specifica non più l'angolo ma la posizione del testo.

9. QUota QLC: quota la lunghezza dell'arco selezionato posizionando la quota nel punto indicato dall'utente.

10. QUota QLABel: inserisce una etichetta associata ad una primitiva grafica oppure ad un punto notevole. Il testo dell'etichetta deve essere digitato prima del posizionamento della quota.

11. QUota QSA.Serie: esegue la quotatura in serie dei punti selezionati dall'utente. La quota in serie è sempre creata con un inclinazione pari al valore di ANGQuo.

12. QUota QSA.Parallele: esegue la quotatura in parallelo dei punti selezionati dall'utente. La quota in parallelo è sempre creata con un inclinazione pari al valore di ANGQuo.

13. `QUota QSA.Progressiva`: esegue la quotatura progressiva dei punti selezionati dall'utente. La quota progressiva è sempre creata con un inclinazione pari al valore di `ANGQuo`.
14. `QUota QSV`: inserisce una quota di semi vista semi sezione la cui misura è il doppio della distanza tra l'asse ed il punto notevole selezionati.
15. `QUota QRaggi`: quota esternamente il raggio di un arco o circonferenza selezionata. L'inclinazione della quota è fissata direttamente dall'utente nella fase interattiva di posizionamento. Se l'inclinazione è fissata esplicitamente con il comando `ANGQuo`, la fase di posizionamento non fissa più l'inclinazione ma la posizione del testo.
16. `QUota QRInterna`: quota internamente il raggio di un arco o circonferenza selezionata. L'inclinazione della quota è fissata direttamente dall'utente nella fase interattiva di posizionamento. Se `ANGQuo`, la fase di posizionamento non fissa più l'inclinazione ma la posizione del testo.
17. `QUota QParallele`: inserisce una quota tra due segmenti paralleli e posizionata interattivamente dall'utente.
18. `Q.NTRatti`: definisce il numero di tratti aggiuntivi per le quote in fase di inserimento. Se non specificato il numero di tratti aggiuntivi è pari a quattro. I tratti aggiuntivi consentono di porre il testo della quota lontano dalla quota stessa ma comunque connesso da una spezzata composta da un numero di tratti specificato.
19. `TEsto`: inserisce il testo indicato. Questo comando consente di realizzare le indicazioni del cartigli e di apporre delle note testuali sul disegno. Il testo è pienamente configurabile in dimensioni, tipo di carattere, ecc.

B.3.6 Menù Simboli

Questo menù raccoglie i comandi per la definizione, modifica e gestione dei simboli. Un simbolo è un insieme di primitive grafiche che viene considerato dal programma CAD (GBG DraftMaker) come un’entità indivisibile, al pari di una singola primitiva. Una volta definito un simbolo, è possibile posizionare nel disegno riferimenti alla sua descrizione. Un riferimento può essere cancellato, spostato, copiato con gli stessi comandi usati per le primitive grafiche, mentre non

er sempre il collegamento con la descrizione originale del simbolo in memoria.

4. `REName SIMBolo`: ridenomina un simbolo o sostituisce una istanza di un simbolo con l'istanza di un altro. Se questo comando è seguito dal nome di un simbolo esistente il sistema richiede un secondo nome e procede alla ridenominazione del simbolo e conseguentemente di tutte le istanza di questo. Se il comando è invece seguito dalla selezione di una istanza, allora il sistema richiede il nome di un nuovo simbolo e procede a rimpiazzare quella istanza con una istanza del nuovo simbolo indicato.

5. `POSizione SIMBolo`: posiziona il simbolo indicato nella posizione indicata. Il punto indicato dall'utente viene fatto coincidere con opportune traslazioni del simbolo con l'origine di questo. Inoltre è possibile posizionare dei simboli con scala e inclinazione diverse da quelle con cui il simbolo è stato definito: nella fase di inserimento, selezionare il comando ALFA nella barra in alto sopra l'area grafica ed inserire il valore dell'inclinazione desiderata, analogamente selezionare il comando `T.SCAla` nel menù di disegno e definire un fattore di scala per il posizionamento. L’istanza di un simbolo non altera il simbolo originale presente nell'area simboli. Per ogni istanza vengono memorizzati solamente i parametri di istanziamento elencati ed il nome del simbolo. In questo modo ad ogni modifica del simbolo originale il sistema è in grado di aggiornare automaticamente tutte le istanze.

6. `SAlva SIMBolo`: memorizza il simbolo indicato nella libreria corrente oppure nella libreria indicata dall'utente. In questo modo il simbolo può essere reso disponibile anche ad altri disegni ed ad altri disegnatori. Non è necessario salvare sempre i simboli in una libreria, infatti quando un disegno viene memorizzato su disco, ad esempio con i comandi `SAlva DISEgno` o `REPLace DISEgno`, GBG DraftMaker salva anche una descrizione di tutti i simboli presenti nell’area simboli indipendentemente che essi siano istanziati dal disegno. GBG DraftMaker è anche in grado di gestire e memorizzare simboli non risolti, ossia vuoti, di cui è conosciuto solamente il nome ma non la descrizione.

7. `ELImina SIMBolo`: cancella dalla libreria corrente o dalla libreria indicata dall'utente il simbolo indicato. Prima di effettuare questa operazione è bene accertarsi che nessun'altro abbia utilizzato il simbolo nei propri disegni, questa cancellazione causerebbe la scomparsa di tutte le istanze al primo caricamento in memoria dei disegni.

?” indica un qualunque carattere. Pertanto la maschera “VI@” è soddisfatta dai nomi “VITE”, “VIROLA”, “VI”, “VIA”, ecc., mentre la maschera “DADO?” è soddisfatta dai nomi “DADO1”, “DADOM”, “DADO9”, ecc.

B.3.7 Menù Gruppi

Questo menù raccoglie i comandi per la definizione, modifica e gestione dei gruppi. Un gruppo è un insieme di primitive grafiche che possono essere

manipolate come un'unica entità. A differenza del simbolo, il gruppo conserva le possibilità di modifica sulle singole primitive che lo compongono. All'interno di un gruppo possono trovarsi semplici primitive geometriche, altri gruppi e simboli. Unico vincolo: un'entità grafica non può appartenere contemporaneamente a più gruppi.

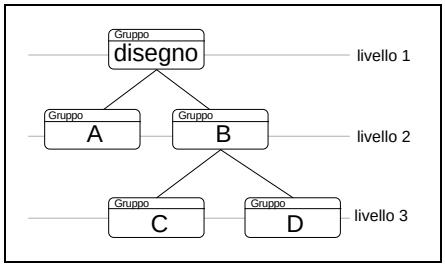


Figura B.26.

L'utilizzo dei gruppi consente da un lato di strutturare il disegno, come in Figura B.26, raggruppando in unità logiche quelle entità che appartengono a un particolare componente, e di associarvi successivamente informazioni ausiliarie come quelle richieste per la produzione della distinta. Nella gerarchia sono definite le seguenti relazioni di fra gruppi:

Padre. Il gruppo A è padre del Gruppo B se B è contenuto in A.

Figlio. Il gruppo B è figlio del Gruppo A se A contiene B .

Fratello. Il gruppo B è fratello del Gruppo C se B e C hanno lo stesso padre.

GBG DraftMaker consente un livello massimo di profondità pari ad 8.

Anche dal punto di vista della velocizzazione dell'attività di disegno l'utilizzo di gruppi è particolarmente utile in quanto consente di riferire insiemi di primitive per effettuare su questi operazioni collettive di modifica o definizione di attributi. Non tutti i gruppi di un disegno sono modificabili contemporaneamente, ma un solo gruppo per volta. Un gruppo si trova sempre in uno dei seguenti stati:

Chiuso. Il gruppo viene considerato come un'unica entità grafica e quindi può essere cancellato, spostato, copiato con gli stessi comandi usati per le primitive grafiche; non possono essere modificate singolarmente le entità che lo compongono.

Aperto. E' possibile operare sulle singole primitive che compongono il gruppo per effettuare modifiche e/o cancellazioni. L'apertura di un gruppo implica che i gruppi Padre ai livelli gerarchici superiori siano aperti.

In particolare le operazioni di scrittura e modifica sono consentite solo su un gruppo detto Gruppo Corrente di Scrittura.

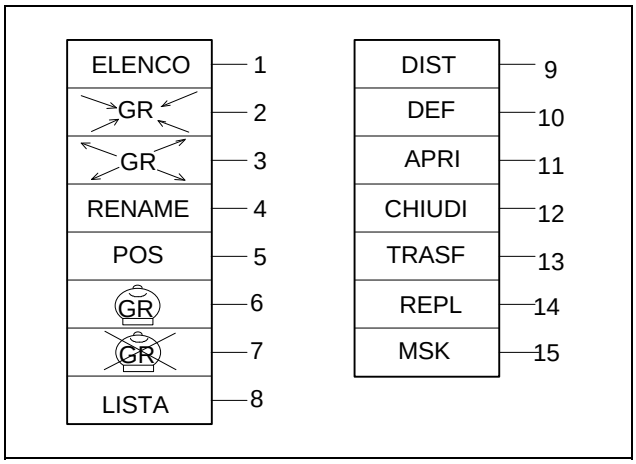


Figura B.28.

I comandi presenti in questo menù, secondo la numerazione in Figura B.28, sono:

1. `ELENco GRUppi`: visualizza a schermo la lista dei gruppi in memoria. Questo comando è utilizzabile ogni qual volta è richiesto all'utente di indicare il nome di un gruppo esistente.
2. `AGGRega GRUppo`: crea un gruppo avente il nome indicato, chiuso e figlio del gruppo corrente di scrittura. La selezione delle primitive deve essere, come sempre terminata dal comando `EOS`, e seguita dalla selezione di un punto origine del gruppo.
3. `DISAggrega GRUppo`: rimpiazza il gruppo selezionato con i corrispondenti insiemi di primitive in esso presenti. Eeventuali sottogruppi del gruppo disaggeregato sopravvivono e vengono adottati dal padre del gruppo disaggregato.
4. `REName GRUppo`: ridenomina un gruppo o tutti i gruppi aventi un dato nome. Se questo comando è seguito dal nome di un gruppo il sistema richiede un secondo nome e procede alla ridenominazione di tutti i gruppi aventi il nome indicato. Se il comando è invece seguito dalla selezione di un gruppo, allora il sistema richiede un nuovo nome da assegnare al gruppo selezionato.
5. `POSizione GRUppo`: posiziona un gruppo uguale a quello indicato o selezionato, nella posizione indicata. Il punto indicato dall'utente viene fatto coincidere con opportune traslazioni del gruppo con

l'origine di questo. Inoltre è possibile posizionare dei gruppi con scala e inclinazione diverse da quelle con cui il gruppo è stato definito: nella fase di inserimento, selezionare il comando ALFA nella barra in alto sopra l'area grafica ed inserire il valore dell'inclinazione desiderata, analogamente selezionare il comando T.SCAla nel menù di disegno e definire un fattore di scala per il posizionamento.

6. SAlva GRUppo: memorizza il gruppo indicato nella libreria corrente oppure nella libreria indicata dall'utente. In questo modo il gruppo può essere reso disponibile anche ad altri disegni ed ad altri disegnatori.
7. ELImina GRUppo: cancella dalla libreria corrente o dalla libreria indicata dall'utente il gruppo indicato.
8. LIsta GRUppi: visualizza la lista dei gruppi nella libreria corrente che soddisfano alla maschera corrente descritta al punto 15.
9. DISTInta GRUppi: produce la distinta dei gruppi contenenti il gruppo selezionato e contenuti in esso.
10. DEFinisci GRUppo: definisce un gruppo vuoto, e lo attiva come gruppo corrente di scrittura.
11. APRi GRUppo: apre il gruppo selezionato dall'utente. Si ricorda che le primitive grafiche dei gruppi aperti possono essere modificate individualmente senza alcun problema. Più gruppi possono essere contemporaneamente aperti.
12. CHiudi GRUppo: chiude il gruppo indicato dall'utente. I gruppi chiusi sono considerati come entità uniche e pertanto non è possibile agire individualmente su ogni singola entità grafica appartenente ad un gruppo chiuso.
13. TRASFERisci: trasferisce nel gruppo corrente di scrittura le primitive grafiche selezionate.
14. REPlace GRUppo: rimpiazza i gruppi indicati presenti in libreria con quelli in memoria di lavoro. Questo comando consente di effettuare agevolmente le necessarie operazioni di manutenzione ed aggiornamento delle librerie.
15. Definisce una maschera per tutti quei comandi che utilizzano nomi di gruppi. Le maschere vengono composte utilizzando caratteri e meta caratteri. Il meta carattere “@” indica una qualunque sequenza di ?” indica un qualunque carattere. Pertanto

la maschera “VI@” è soddisfatta dai nomi “VITE”, “VIROLA”, “VI”, “VIA”, ecc., mentre la maschera “DADO?” è soddisfatta dai nomi “DADO1”, “DADO9”, ecc.

B.4. Il modulo GBG Parametric

GBG Parametric di Cad.Lab, è un modulo che introduce le funzionalità di variabilità dimensionale nel contesto di GBG DraftMaker. Questo modulo nasce dalla collaborazione tra la Cad.Lab ed il KAEMaRT Group (Knowledge Aided Engineering & Manufacturing and Related Technologies) diretto dal prof. Umberto Cugini presso l'Istituto Macchine Utensili del CNR di Milano. Numerose idee sviluppate in ambito di ricerca e validate con i sistemi CAD prototipali hanno avuto, nel contesto di questa collaborazione, una applicazione che ha portato alla realizzazione di un prodotto industriale.

Usualmente i moduli di variabilità dimensionale si inseriscono nel sistema CAD di base con interfaccia utente e modalità di utilizzo proprie, differenti da quelle del sistema di base. GBG Parametric affronta questo aspetto di integrazione offrendo all'utente la parametrizzazione di tutti i comandi di GBG DraftMaker. L'approccio adottato è una variante dell'approccio procedurale-relazionale: la parametrizzazione non è limitata alle entità grafiche ma viene estesa a tutte le operazioni del disegnatore. Grazie a questo approccio, il modulo parametrico è totalmente integrato con il sistema GBG DraftMaker. Il disegnatore o progettista non avverte alcuna differenza tra le modalità di disegno con il sistema CAD e la modalità di disegno parametrico e dunque l'utilizzo di questo modulo non richiede DraftMaker conoscenze o esperienze specifiche. L'interfaccia utente delle specifiche funzionalità di gestione e modifica dei parametri, è stata realizzata interamente per via grafica; non è necessario ricordare comandi, sintassi o combinazioni di tasti funzionali ma è sufficiente interagire con le icone, i messaggi ed i menù che il sistema visualizza.

Nell'utilizzo dei sistemi CAD a variabilità dimensionale, la semplice modificabilità dei parametri dimensionali e posizionali si dimostra non adeguata a gestire la complessità di un vero progetto; i progettisti che utilizzano questi sistemi sperimentano quotidianamente quanto rapidamente cresca il numero dei parametri. Sono dunque necessari strumenti per controllare i numerosi gradi di libertà di un disegno, che consentano di congelare alcuni parametri e di legare tra loro gli altri per mezzo di regole che ne descrivano le dipendenze. Ad esempio, in un disegno tecnico, non è necessario associare un parametro ad ogni raggio di raccordo; meglio sarebbe potere ricondurre tutti i raggi di raccordo ad un insieme limitato di valori. GBG Parametric propone, per questo problema, l'impiego di uno strumento ad hoc per la gestione dei parametri: una tabella di gestione dei parametri che si presenta all'utente come uno spreadsheet. Utilizzando la tabella spreadsheet, l'utente può facilmente controllare disegni che presentano numerosi parametri, creando facilmente correlazioni tra raggi, distanze, angoli, ecc. Con questo strumento si possono inoltre definire parametri non-geometrici per rappresentare

forze, pressioni, costi o qualunque grandezza si ritenga di utilizzare; parametri non geometrici possono quindi essere impiegati per il calcolo di grandezze dimensionali. L'approccio adottato da GBG Parametric lascia grande libertà all'utente nella scelta delle modalità di utilizzo; il completamento del modello parametrico, con relazioni e dipendenze tra parametri, può essere fatto o direttamente nella fase di disegno oppure in una fase finale, a scelta dell'utente. Inoltre i modelli parametrici realizzati possono essere utilizzati sia all'interno di altri modelli parametrici, per creare delle gerarchie, che in disegni non parametrici da tutti gli utenti di GBG DraftMaker. Un particolare parametrico può essere inserito in un assieme per mezzo di pochi parametri significativi lasciando al sistema il compito di risolvere tutti i parametri secondari. Va inoltre evidenziata la scelta di rendere usufruibili a tutti gli utenti di GBG DraftMaker le caratteristiche di parametricità dei modelli, riservando agli utenti del modulo parametrico le attività di definizione dei modelli.

Appendice C
Utilizzare Eureka

C.1. Introduzione

Il sistema Eureka [29], [30], realizzato da Cad.Lab di Casalecchio (BO), è un sistema di modellazione di curve e superfici NURBS (Non Uniform Rational B-Spline) e di solidi che presenta interessanti caratteristiche di parametricità. Coerentemente con un uso estensivo delle superfici, Eureka adotta uno schema di rappresentazione di tipo boundary. Le tecniche adottate da Eureka per la gestione della variabilità dimensionale sono di tipo variazionale, nella gestione di figure 2D, e di tipo procedurale nella modellazione 3D.

In questa appendice vengono descritti alcuni modelli realizzati con Eureka allo scopo di familiarizzare con i comandi principali e con i meccanismi di interazione utente-sistema. Le sessioni di lavoro presentate in questa appendice fanno riferimento alla versione 4.1 e 4.5 di Eureka.

C.1.1. Attivare il sistema EUREKA

Il sistema Eureka richiede la presenza del sistema a finestre X-Window e di un window manger come OSF/Motif oppure Open Look. Per attivare Eureka si eseguono le stesse operazioni eseguite per ogni altro comando impartito al sistema operativo da tastiera; pertanto è necessario portare il cursore in una finestra in cui è attivo e disponibile un interprete di comandi, e digitare il comando:

Prompt> `eureka`↵

C.1.2. Uso di tastiera e mouse

Eureka consente di eseguire numerose operazioni direttamente con il mouse ed altre con la pressione di un solo tasto della tastiera. In particolare il mouse viene utilizzato secondo le seguenti convenzioni:

`[m1]` Il tasto di sinistra del mouse viene utilizzato principalmente per interrompere l'operazione in corso.

`[m2]` Il tasto centrale è utilizzato per selezionare i comandi, le entità grafiche.

`[m3]` Il tasto di destra del mouse è utilizzato per terminare le operazioni di selezione e per confermare i valori inseriti.

Poiché, come mostrato, ogni tasto del mouse assume uno specifico significato, è bene prestare inizialmente molta attenzione a quali tasti vengono pigiati onde evitare comportamenti inattesi da parte del sistema.

Come detto anche la tastiera svolge un ruolo importante nel velocizzare l'utilizzo di Eureka:

`[→][←]` Questi tasti possono essere utilizzati per muovere orizzontalmente il disegno nella vista corrente secondo le usuali convenzioni delle funzioni di `Pan`.

`[↑][↓]` Questi tasti possono essere utilizzati per muovere verticalmente il disegno nella vista corrente secondo le usuali convenzioni delle funzioni di `Pan`.

`[f]` Questo tasto, che rappresenta la lettera iniziale del comando `Fit`, massimizza il fattore di scala in modo tale che l'intero disegno sia visibile nella vista corrente; è analogo ai comandi `Zoom All` di AutoCAD (AutoDesk) [36], `Autoscale` di I-DEAS (SDRC) [28], `Automaxmin` della Serie7K (ItalCAD) [39] e `VISta OTTimizzata` di GBG DraftMaker (Cad.Lab) [40].

`[r]` Questo tasto, che rappresenta la lettera iniziale del comando `Ridisegna`, causa la completa rigenerazione dell'immagine sullo schermo. Equivalente ai comandi `Redraw` e `Regen` di AutoCAD (AutoDesk) oppure ai comandi `RIdisegna` o `RIDVista` di GBG DraftMaker (Cad.Lab).

`[+][-]` Con questi tasti è possibile zoomare, ingrandendo o rimpiccolendo, di un fattore costante la finestra corrente.

`[z]` Attiva l'operazione di zoom finestra richiedendo due punti diametralmente opposti sulla finestra corrente. E' analogo al comando `Zoom Window` di AutoCAD (AutoDesk) ed al comando `INGrandimento` di GBG DraftMaker (Cad.Lab).

C.1.3. Organizzazione dello schermo

Il sistema Eureka, come mostrato in Figura B.2, suddivide lo schermo in cinque aree funzionali distinte:

Area superiore (1). In questa area sono raggruppati i valori che controllano le modalità operative di numerosi comandi come ad esempio tipo e colore delle linee, modalità di selezione entità e selezione punti notevoli. Inoltre nella parte sinistra è presente un'area dove vengono visualizzate le coordinate x, y e z del cursore; la medesima area è utilizzata nelle operazioni di input di coordinate.

Area grafica (2). Usualmente questa area è suddivisa in quattro viste corrispondenti alle tradizionali prospetto pianta e profilo più la vista assonometrica. Esiste comunque la possibilità di disporre le viste diversamente utilizzando un semplice comando.

Area menù (3). In questa zona sono raggruppati i tasti che attivano tutti i sottomenù di comandi nella sottostante area 4. Questa area è sempre visibile sullo schermo.

Area comandi (4). In questa zona è visualizzato il sottomenù corrente corrispondente al tasto selezionato nell'area menù statici.

Area utilità (5). In questa area sono raggruppati tutti i comandi sempre disponibili per controllare le viste (`pan` e `zoom`), la sequenza di lavoro (`annulla`), gestione degli archivi (`salva` e `carica`), produzione di stampe (`plot`), gestione del sistema di riferimento attivo (`ars`) ed altri comandi di carattere generale.

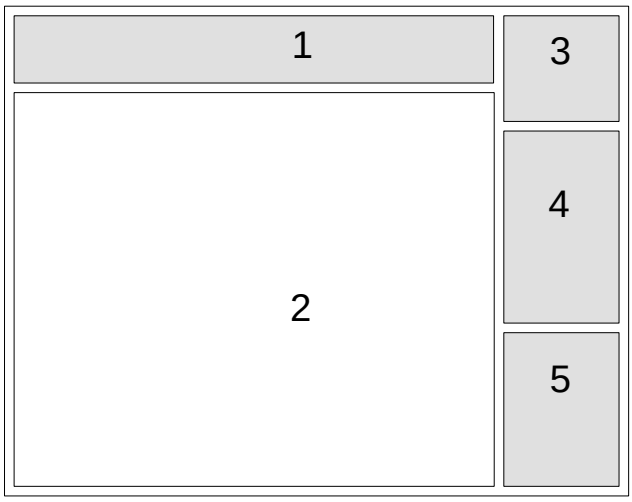


Figura C.2.

In questa organizzazione dello schermo si nota la completa mancanza di un'area per l'input di comandi. Questa caratteristica, tipica dei sistemi CAD di nuova

generazione, indica che il sistema CAD è interamente utilizzabile con il solo uso di pulsanti e menù visualizzati dall'interfaccia.

C.1.4. I constraint variazionali

Eureka come altri sistemi variazionali, ad esempio I-DEAS [28], consente di creare dei profili variazionali e di imporre su questi dei vincoli di tipo geometrico o dimensionale. I vincoli geometrici, con i corrispondenti comandi, offerti da Eureka sono:

Ground. Fissa la posizione di un punto oppure, con i sotto–comandi `Ground`, `Ground–X` e `Ground–Y`, di una sua coordinata.

Orientamento. Fissa l'orientamento di una linea del profilo. Presenta tre sotto-comandi che semplificano l'uso del comando: `Orizzontale`, `Verticale` ed `Angolo–costante`.

Parallele. Impone una relazione di parallelismo tra due linee di un profilo; si noti che nonfissa la distanza che deve essere imposta con un constraint dimensionale.

Perpendicolari. Vincola una linea ad essere perpendicolare ad un'altra.

Tangenza. Crea una relazione di tangenza tra due entità di un profilo variazionale quali linea-arco o arco-arco.

Coincidenza. Crea un vincolo di coincidenza tra punti; si utilizza solitamente per creare circonferenze ed archi concentrici. Presenta i sotto-comandi `Coincidenza`, `Coincidenza-X` e `Coincidenza-Y`.

Collinearità-punto-linea. Vincola un punto a giacere su di una linea o sulla sua estensione.

I vincoli dimensionali sono parametrici, cioè sono associati a dei parametri il cui valore è succesivamente modificabile dall'utente. Essi sono:

Angolo. Fissa una relazione parametrica di inclinazione tra due linee.

Distanza-punto-punto. Fissa una distanza tra due punti. E' un vincolo parametrico.

Distanza-X-punto-punto. Fissa la distanza orizzontale tra due punti di un profilo. E' un vincolo parametrico.

Distanza-Y-punto-punto. Fissa la distanza verticale tra due punti di un profilo. E' un vincolo parametrico.

Raggio. Fissa il valore del raggio di una circonferenza. E' un vincolo parametrico. Usualmente viene generato automaticamente quando si crea un profilo variazionale che contiene una circonferenza.

C.2. Creazione di un solido parametrizzato

Nel corso di questa lezione vengono forniti tutti i passi per realizzare il solido di rivoluzione rappresentato in Figura C.4.

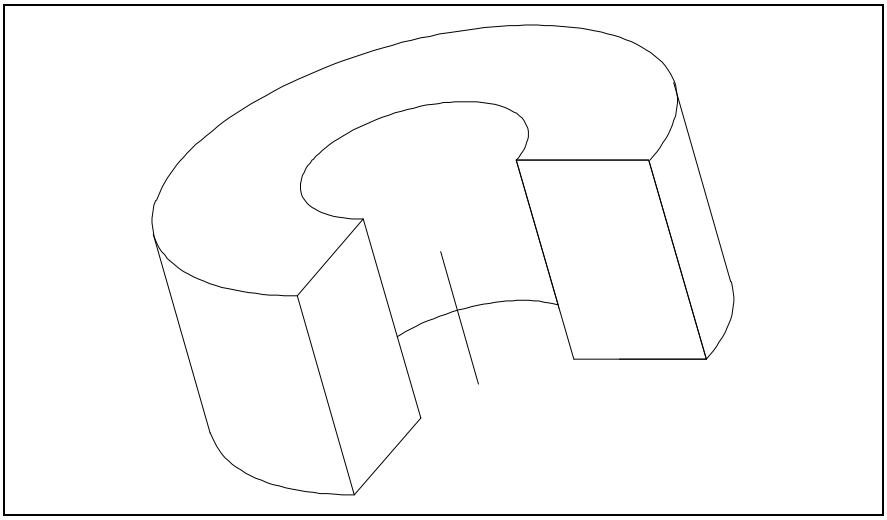


Figura C.4.

C.2.1. Visualizzare il sistema di riferimento (ARS)

Eureka può gestire più sistemi di riferimento contemporaneamente, ma uno solo per volta può essere attivo. L'utente può creare, modificare e cancellare liberamente tutti i sistemi di riferimento ad esclusione del sistema di riferimento assoluto, detto sistema di riferimento mondo, che rimane immutabile. Il sistema di riferimento attivo, ARS (Active Reference System), è un sistema di assi cartesiani rispetto al quale sono riferite tutte le coordinate sia in fase di input che di output. Inizialmente Eureka propone un sistema di riferimento di default coincidente con il sistema di riferimento mondo, che è successivamente modificabile e riposizionabile in corrispondenza di facce o spigoli.

Per rendere visibile il sistema di riferimento attivo, operazione che si consiglia di fare all'inizioni di ogni nuova sessione di lavoro, possiamo seguire la seguente procedura:

1. selezioniamo con [m2] il tasto Ars per attivare il sottomenù di controllo del sistema di riferimento attivo;
2. selezioniamo con [m2] Ars/Invisibile per rendere visibile il sistema di riferimento attivo, analogamente bisognerà selezionare Ars/ Visibile per renderlo invisibile;
3. per motivi di migliore visibilità cambiamo la dimensione del simbolo grafico che sulle viste rappresenta il sistema di riferimento attivo, selezionando con [m2] il comando Ars/Lunghezza ed inseriamo un nuovo valore in mm., ad esempio 50↵;
4. selezioniamo con [m2] Ars/Fatto per chiudere il sottomenù di controllo del sistema di riferimento attivo.

C.2.2. Disegnare e cancellare una segmento di retta

Per un primo contatto con Eureka sperimentiamo la più semplice operazione: disegnare un segmento di retta. Utilizziamo la seguente procedura:

1. selezioniamo con [m2] il comando Linee-archi per attivare il sottomenù di disegno 2D;
2. selezioniamo Linee-archi/Estremi per attivare il comando per il disegno di spezzate;
3. premiamo [f2] sino ad ottenere Pos=coord nell'area in alto a destra della finestra Eureka, alternativamente possiamo selezionare il tasto Pos con [m2] e scegliere la voce Coord nel menù corrispondente(1);
4. nell'area in alto a sinistra assegniamo le coordinate del punto iniziale del segmento inserendo x=0↵, y=0↵ e z=0↵; una volta inseriti i valori li confermiamo premendo il tasto [m3] del mouse;
5. assegniamo le coordinate del punto finale del segmento inserendo, sempre in alto a sinistra, i valori x=0↵, y=50↵ e z=0↵; confermiamo con [m3];

(1) Il tasto Pos consente di selezionare la modalità di *pick* dei punti. Se una modalità viene attivata al di fuori di un comando, questa permane per tutti i comandi seguenti mentre se viene attivata durante l'esecuzione di un comando rimane attivata solamente oper la durata del comando stesso.

6. premiamo nuovamente [m3] per terminare il comando per il disegno della spezzata, che altrimenti proseguirebbe con la richiesta di un terzo punto;
7. osserviamo la linea tracciata nelle quattro viste, verificando con i tasti [z] ed [f] corrispondenti, come detto, ai comandi Zoom e Fit;
8. selezioniamo con [m2] il comando Distruggi nell'area utilità;
9. selezioniamo la linea tracciata precedentemente con [m2];
10. terminiamo la selezione delle entità da cancellare con [m3];

C.2.3. Disegnare un quadrilatero

Disegniamo ora un poligono chiuso di quattro lati simile a quello in Figura C.6; successivamente parametrizzeremo il poligono e lo trasformeremo in rettangolo. Per ottenere il quadrilatero utilizziamo la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando Linee-archi/Estremi;
2. selezioniamo il tasto posto nella parte superiore dell'area grafica per Estremi-liberi che ci consente di operare senza vincoli di orizzontalità e vertica
3. premiamo più volte [f2] sino ad ottenere Pos=cursore;
4. sulla vista parallela al piano XY selezioniamo in successione quattro punti in corrispondenza dei vertici di un rettangolo tracciando così tre lati, avendo cura di mantenerci nella parte a destra dell'asse Y.

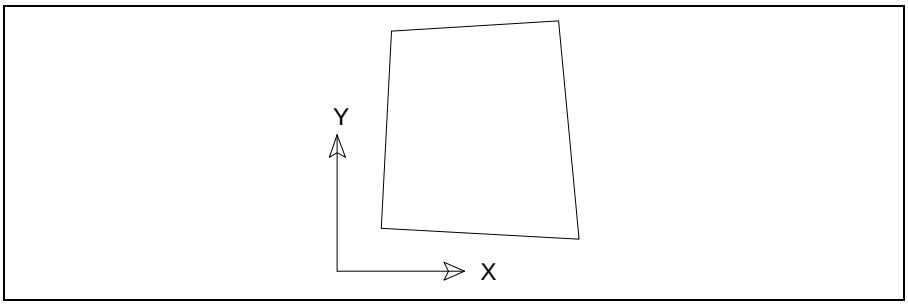


Figura C.6.

Per terminare la costruzione del quadrilatero possiamo selezionare l'estremo del segmento iniziale della spezzata con le operazioni seguenti:

1. premiamo [f2] sino ad ottenere Pos=entità;

2. selezioniamo il primo segmento del rettangolo con `[m2]`;
3. terminiamo la spezzata con `[m3]`;

oppure possiamo chiedere ad Eureka di chiudere la spezzata congiungendo primo ed ultimo estremo:

1. premiamo `[m3]` per concludere il comando per il disegno delle spezzate; vedremo apparire un menù popup che ci presenta varie alternative per la chiusura;
2. selezioniamo la voce `Libero` nel menù popup ad indicare che non vogliamo imporre particolari condizioni;
3. selezioniamo il tasto `Ok` per chiudere il popup e l'opzione di chiusura della spezzata;
4. terminiamo finalmente la spezzata con `[m3]`.

C.2.4. Creare un profilo variazionale

Per rendere dimensionalmente variabile il quadrilatero tracciato è necessario caratterizzarlo come "profilo variazionale". Un profilo variazionale è un insieme di entità geometriche vincolate da un insieme di constraint. Per trasformare il quadriolatero in profilo variazionale, inizialmente con zero constraint, utilizziamo la seguente procedura:

1. selezioniamo `Vg/Crea`; vg è l'acronimo di variational geometry;
2. selezioniamo i quattro segmenti del quadrilatero con `[m2]`, terminando la selezione come sempre con `[m3]`;
3. alla richiesta di selezione di linee di riferimento rispondiamo con `[m3]` ad indicare che non vogliamo inserire nel profilo alcuna linea di riferimento(2). Nelle situazioni in cui invece è richiesta la presenza di una o più linee di riferimento le possiamo selezionare con `[m2]` terminando la selezione con `[m3]`.

(2) Le linee di riferimento hanno una caratterizzazione ben precisa: si tratta di assi e linee di costruzione che non partecipano alla definizione del profilo vero e proprio ma che rivestono un rulo importante nella definizione dei vincoli. In fase di estrusione del profilo le linee di riferimento non genererranno alcuna faccia.

C.2.5. Inserire i constraint geometrici

Per definire i constraint geometrici sul profilo variazionale, definito precedentemente, utilizziamo la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Parallele` e selezioniamo i due lati orizzontali;
2. selezioniamo il comando `Vg/Risolvi` e verifichiamo visivamente l'effetto del vincolo di parallelismo sul quadrilatero; questo comando attiva il solutore numerico dei constraint imposti sul profilo variazionale;
3. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Parallele` e quindi selezioniamo i due lati verticali;
4. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Perpendicolari` e quindi selezioniamo un lato verticale ed uno orizzontale;
5. selezioniamo il comando `Vg/Risolvi` e verificare il risultato ottenuto; se abbiamo operato correttamente dovremmo ottenere non più un generico quadrilatero ma un rettangolo;
6. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Ground/Ground` e quindi selezioniamo il vertice in basso a sinistra del quadrilatero congelandone le coordinate;
7. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Orientamento/Verticale` e selezioniamo la base del quadrilatero;
8. selezioniamo il comando `Vg/Risolvi` per verificare visivamente il risultato ottenuto;

C.2.6. Inserire i constraint dimensionali

Per definire i constraint dimensionali, sul profilo variazionale definito precedentemente, utilizziamo la seguente procedura, ricordando di posizionare la quota che rappresenta graficamente il parametro con `[m2]`:

1. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Distanza-punto-punto` e quindi selezioniamo i due estremi della base del rettangolo;
2. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi/Distanza-punto-punto` e quindi selezioniamo i due estremi di un lato del rettangolo;
3. selezioniamo il comando `Vg/Risolvi` per verificare visivamente il risultato ottenuto.

C.2.7. Modificare i valori dei parametri

Per modificare i valori dei parametri dimensionali utilizziamo la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Vg/Modifica` e quindi selezioniamo il vincolo che fissa l'altezza del rettangolo;
2. inseriamo il nuovo valore, ad esempio `150`↵, e confermiamo con la selezione del tasto `Ok`;
3. selezioniamo il comando `Vg/Modifica` e selezioniamo il vincolo che fissa la larghezza del rettangolo;
4. inseriamo il nuovo valore, ad esempio `100`↵, e confermiamo con la selezione del tasto `Ok`;
5. selezioniamo il comando `Vg/Risolvi` per verificare visivamente il risultato ottenuto.

C.2.8. Disegnare un asse

Per disegnare una asse che useremo in seguito come riferimento per generare un solido di rivoluzione dal profilo variazionale utilizzare la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Linee-archi/Estremi`;
2. attiviamo la modalità `Oriz-vert` nella parte superiore dell'area grafica;
3. premiamo `[f2]` sino ad ottenere `Pos=coord`;
4. nell'area in alto a sinistra dello schermo assegniamo alle coordinate del punto iniziale i valori `x=0`↵, `y=0`↵ e `z=0`↵, confermiamo i valori con `[m3]`;
5. assegniamo alle coordinate del punto finale i valori `x=0`↵, `y=100`↵ e `z=0`↵, confermiamo i valori con `[m3]`.

C.2.9. Generare un solido parametrico di rivoluzione

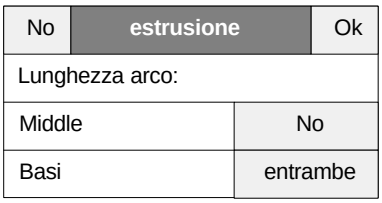


Figura C.8.

Per disegnare una solido di rivoluzione parametrico a partire dal profilo variazionale utilizzare la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Solidi/Estrusione-rotazionale` e selezioniamo con `[m2]` il profilo creato, terminando la selezione con `[m3]`;
2. nel pannello che appare, analogo a quello in Figura C.8, inseriamo l'angolo di rivoluzione richiesto `Lunghezza-arco=270`↵;
3. specifichiamo se la sezione fornita, cioè il profilo variazionale, è centrale `Middle=no`; in caso di risposta affermativa la sezione verrà estrusa parte a destra e parte a sinistra del profilo, in caso di risposta negativa il profilo coinciderà con una base del solido;
4. richiediamo la generazione delle basi del solido, `Basi=si`, in caso di risposta negativa il solido generato risulterebbe aperto;
5. terminiamo l'input dei dati selezionando il tasto `Ok` del pannello;
6. nella finestra di richiesta dell'asse selezioniamo `Linea` e quindi selezioniamo l'asse precedentemente costruito.

C.2.10. Verifica del solido ottenuto

Per meglio verificare le caratteristiche del solido generato utilizziamo le funzionalità di shading con i seguenti passi:

1. centriamo il solido nella vista ortografica portando il cursore sulla vista e premendo il tasto `[f]`;
2. selezioniamo il tasto `Veloce` e selezioniamo la finestra con la vista ortografica.

Per ripristinare le condizioni precedenti dell'immagine utilizziamo il comando `Ridisegna` oppure premiamo `[r]`.

C.2.11. Modifica del solido

Sperimentiamo ora le funzionalità di modifica parametrica del solido variando le dimensioni della sezione e l'angolo di rivoluzione con i seguenti comandi:

1. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Cambia` e quindi selezioniamo l'angolo di rivoluzione;
2. inseriamo un nuovo valore in gradi per l'angolo di rivoluzione, ad esempio `180`↵;
3. richiediamo l'aggiornamento del solido con `Aggiorna`, posto in alto a sinistra;
4. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Cambia` e quindi selezioniamo la larghezza della sezione;
5. inseriamo un nuovo valore per la larghezza della sezione, ad esempio `50`↵;
6. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Cambia` e selezioniamo l'altezza della sezione;
7. inseriamo un nuovo valore, ad esempio `15`↵;
8. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Aggiorna`, posto in alto a sinistra, per aggiornare il modello;
9. per disporre di una vista completa del solido premiamo il tasto `[f]` in ogni vista.

C.2.12. Memorizzazione del solido

Per memorizzare il solido ottenuto, completo di profili ed ogni altra entità creata nel corso della sessione di lavoro, seguiamo la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Salva` posto nella parte in basso a destra dello schermo, attivando in questo modo un pannello per l'input dei dati;
2. inseriamo un nome, ad esempio `Lezione1`↵ nella zona `Nome`: e richiudiamo il popup confermando i dati inseriti selezionando il tasto `Ok` del popup.

Questa operazione genera un file, nella directory indicata nel pannello nella zona `Directory`, avente il nome `Lezione1.m3`. Analogamente volendo caricare un

modello sarà sufficiente selezionare il comando `Carica` posto a fianco del comando `Salva` e selezionare il nome del modello nel corrispondente popup.

C.3 Realizzare un solido con più profili

Nel corso di questa esercitazione si definisce il modello di un solido a partire da due profili evidenziando come mettere in relazione i due profili e come operare sul solido aggiungendo nuove caratteristiche di forma (*form features*). Inoltre viene proposta una procedura per associare a tutte le grandezze parametriche utilizzate nella costruzione del solido delle variabili.

C.3.1 Disegno del primo profilo

Come per l'esercitazione precedente è necessario collegarsi ad una workstation con una login, attivare il sistema a finestre e quindi digitare il comando di attivazione di Eureka. Attivato il sistema, si eseguono alcune operazioni iniziali, ad esempio si rende visibile il sistema di riferimento corrente seguendo la procedura indicata nell'esercitazione precedente. Predisposto l'ambiente di lavoro si può procedere al disegno del primo profilo.

Per lo svolgimento di questo esercizio è necessario tracciare un rettangolo con un lato smussato come in Figura C.10. Il poligono irregolare può essere volutamente tracciato con i lati non perfettamente verticali od orizzontali per poi meglio verificare l'impatto dell'imposizione dei vincoli variazionali sulla geometria. Per il disegno utilizziamo il comando `Linee-archi/Estremi` attivando la modalità `Estremi-liberi` chiudendo la spezzata con uno dei due metodi proposti nell'esercitazione precedente.

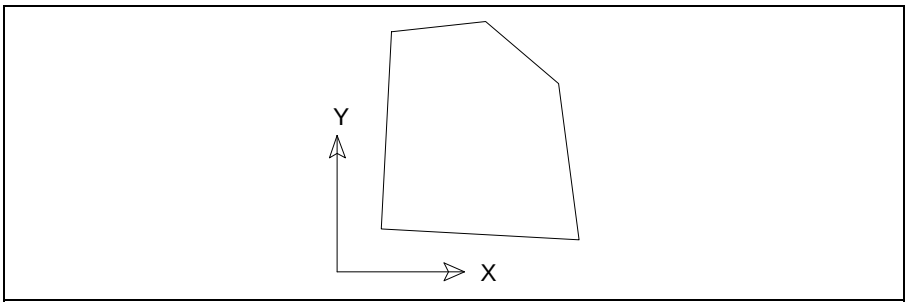


Figura C.10.

Tracciata la figura è necessario trasformarla da insieme di segmenti in profilo variazionale. Per fare questo seguiamo la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Vg/Crea`;

2. selezioniamo con `[m2]` i cinque lati della figura terminando la selezione con `[m3]` e quindi rispondiamo con `[m3]` alla richiesta di linee di riferimento in quanto non utilizzate;
3. congeliamo le coordinate del vertice in basso a sinistra con il comando `Vg/Aggiungi/Ground/Ground` seguito dalla selezione del vertice;
4. imponiamo l'orizzontalità della base della figura selezionando il comando `Vg/Aggiungi/Orientamento/Orizzontale` seguito dalla selezione del lato;
5. imponiamo la perpendicolarità tra i due lati incidenti sul vertice posto a `Ground` selezionando il comando `Vg/Aggiungi/Perpendicolari` e quindi selezionando i due lati;
6. imponiamo il parallelismo prima tra le due basi e quindi tra i due lati verticali con il comando `Vg/Aggiungi/Parallele`;
7. verifichiamo l'effetto dei vincoli imposti sulla geometria con il comando `Vg/Risolvi`;
8. imponiamo la lunghezza della base della figura, dell'altezza e del lato obliquo con il comando `Vg/Aggiungi/Distanza-punto-punto` seguito dalla selezione degli estremi dei tre lati.

Completata questa procedura disponiamo di un profilo variazionale completamente vincolato, come ci viene comunicato da un piccolo popup. Possiamo comunque controllare passo per passo il numero di gradi di libertà rimanenti osservando l'intestazione del menù popup corrispondente al comando `Vg/Aggiungi`.

C.3.2. Definizione delle variabili

Terminata la definizione del profilo variazionale è possibile modificare le dimensioni principali della figura; il nostro obiettivo consiste ora nell'associare a ciascuna dimensione una variabile ed introdurre una semplice relazione tra due variabili.

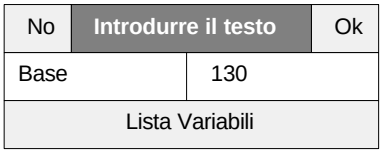


Figura C.12.

Per creare una variabile ed associarla ad una dimensione seguiamo la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Vg/Modifica-vincolo`;
2. selezioniamo con `[m2]` il vincolo che fissa la lunghezza della base, vedendo apparire il popup di input rappresentato in Figura C.12;
3. inseriamo nella zona di sinistra del popup il nome della variabile che vogliamo creare ed assegnare alla lunghezza della base, `Base`↵;
4. inseriamo nella zona di destra del popup il valore della variabile cioè `50`↵;
5. selezioniamo il tasto `Ok` del popup per confermare i dati inseriti;
6. verifichiamo visivamente il risultato delle operazioni eseguite: sulla quota della lunghezza della base vedremo apparire la scritta "`Base`";

Eseguiamo questa procedura anche per la quota verticale assegnandole il nome "`Altezza`", per la quota orizzontale superiore assegnandole il nome `BaseSup`" e per la quota del lato obliquo assegnandole il nome "`LatoObliquo`". Terminate queste operazioni osserviamo sullo schermo un'immagine analoga a quella in Figura C.14.

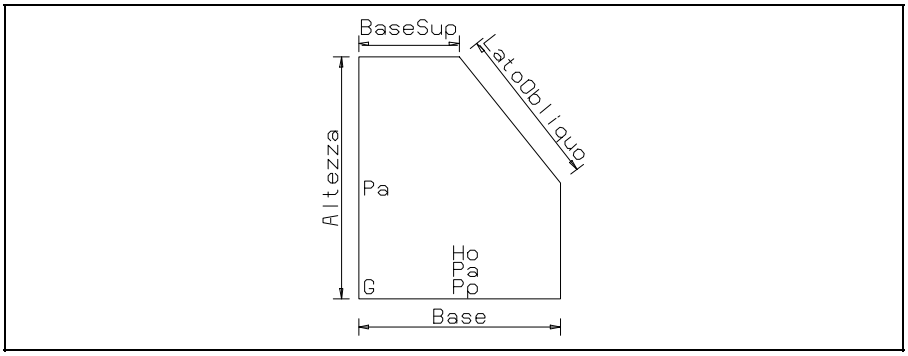


Figura C.14.

Se ora vogliamo esprimere una relazione tra la lunghezza delle due basi dobbiamo seguire la seguente procedura:

1. selezioniamo il comando `Vg/Variabili/Modifica-variabile`;
2. nel menù popup, simile a quello in Figura C.16.A, selezioniamo la variabile "`BaseSup`"; vedremo apparire un popup di input analogo a quello rappresentato in Figura C.16.B;

3. nella parte destra della zona di input inseriamo la regola che consentirà al sistema di determinare il valore della variabile selezionata, cioè `Base/2`↵; se abbiamo eseguito correttamente le operazioni vedremo il valore della variabile `BaseSup`, corrispondente all'espressione inserita, apparire nell'angolo in basso a destra del popup;
4. richiudiamo il popup selezionando il tasto `Ok` oppure premendo `[m3]`;
5. verifichiamo sul disegno la variazione subita dalla geometria in corrispondenza dell'inserimento della nuova regola.

Le relazioni tra variabili hanno per Eureka la medesima validità dei vincoli espressi sul profilo e pertanto vengono sempre rispettate.

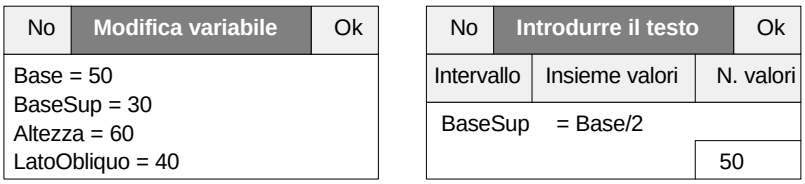


Figura C.16.

Il valore delle grandezze controllate da una regola, come avviene ad esempio per la variabile `BaseSup` controllata dalla regola `=Base/2`, non sono più modificabili direttamente dall'utente ma vengono modificati dal sistema per mezzo della valutazione della regola.

C.3.3. Estrusione lineare del profilo

Completata la definizione del profilo, è possibile generare un solido per estrusione (*sweep*) lineare o rotazionale. Vedremo ora la procedura per la generazione di un solido per estrusione lineare:

1. selezioniamo il comando `Solidi/Estrusione-lineare`;
2. selezioniamo il profilo definito precedentemente terminando con `[m3]`;
3. nel popup di input che appare inseriamo i valori `Angolo-estrusione= 50`↵, `Middle=no`, `Basi=entrambe`, `Conicità=0.0`↵, `Direzione-estrusione= normale`;
4. confermiamo i valori con `[m3]` oppure selezionando il tasto `Ok`.

Terminate le operazioni indicate vedremo apparire sulla finestra grafica il solido di estrusione. Per completare le operazioni dovremo creare una nuova variabile ed assegnarla al parametro che controlla la profondità di estrusione.

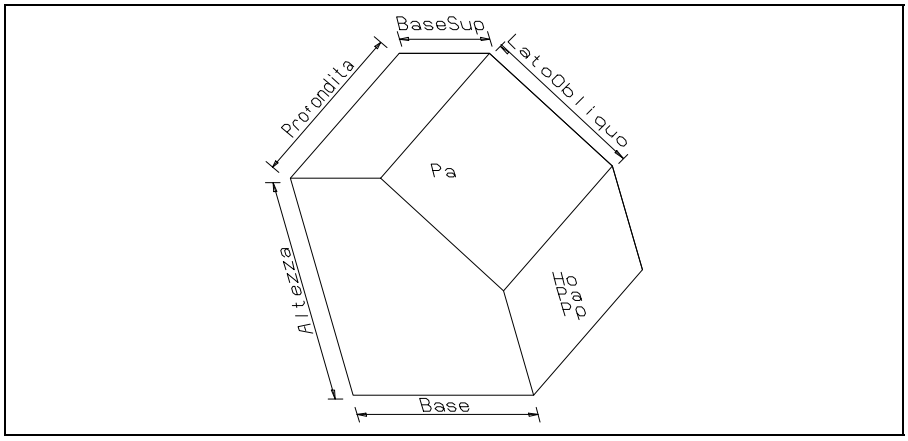


Figura C.18

Per creare una variabile ed associarla ad un parametro che rappresenta una grandezza del contesto tridimensionale si segue una procedura diversa da quella vista per le grandezze dei profili. Per creare la variabile `Profondita`, volutamente senza accento, che controlla la profondità di estrusione del solido è necessario che:

1. selezioniamo il comando `Modifica/Solidi/Cambia`;
2. selezioniamo con `[m2]` la "quota" che rappresenta la profondità di estrusione; vedremo apparire un popup analogo a quello in Figura C.16.B;
3. inseriamo il nome della variabile, `Profondita`↵, nella parte sinistra del popup ed il valore, `60`↵, nella parte destra; se l'operazione è stata eseguita correttamente vedremo il valore apparire anche nell'angolo in basso a destra del popup;
4. richiudiamo il popup selezionando `Ok` con `[m2]`.

Potremo ora osservare sullo schermo il solido che avrà un aspetto simile a quello rappresentato in Figura C.18.

;

3. alla richiesta dell'origine selezioniamo il vertice corrispondente al punto 1 in Figura C.20.A;
4. alla richiesta di un punto sull'asse X selezioniamo il vertice corrispondente al punto 2 in Figura C.20.A;
5. alla richiesta di un punto sull'asse Y selezioniamo il vertice corrispondente al punto 3 in Figura C.20.A;
6. per ottenere un vista parallela al piano XY del nuovo `Ars` selezioniamo il comando `Ars/Vista->ars`;
7. selezioniamo con `[m2]` la vista in alto a destra per indicare quale delle viste intendiamo modificare;
8. terminiamo la procedura con il comando `Ars/Fatto`.

Possiamo ora procedere al disegno del secondo profilo operando sulla vista in alto a destra. Sulla faccia obliqua, utilizzando il comando `Linee-archi/Estremi` e la modalità `Estremi-liberi`, disegniamo un quadrilatero con i lati approssimativamente paralleli ai lati della faccia. Con l'usuale procedura, facendo uso del comando `Vg/Crea`, creiamo un secondo profilo costituito dai segmenti del quadrilatero.

Prima di inserire i vincoli sul secondo profilo lo poniamo in relazione con il primo profilo nel seguente modo:

1. selezioniamo il comando `Vg/Aggiungi-entità-esterna`;
2. selezioniamo con `[m2]` il lato obliquo del primo profilo, quello marcato con un tratto più forte in Figura C.20.A;
3. terminiamo la selezione delle entità esterne con `[m3]`.

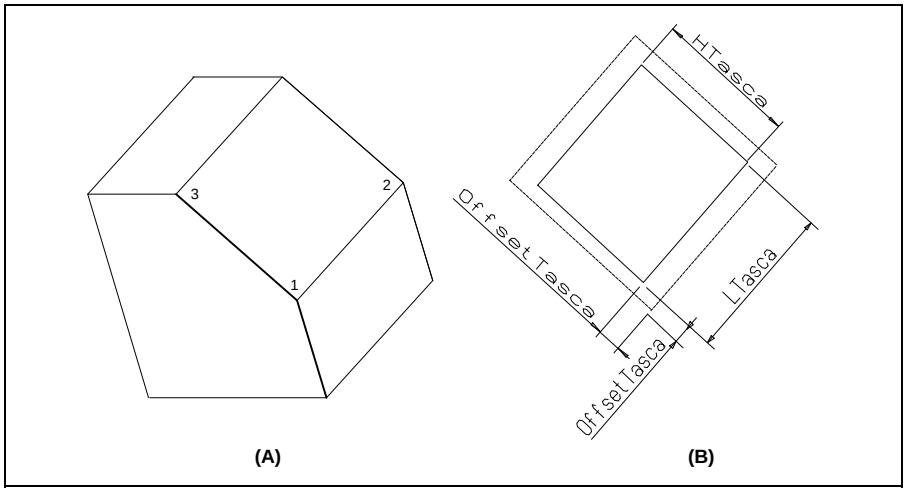


Figura C.20.

Vincoliamo ora il profilo con la seguente procedura:

1. imponiamo il vincolo di `Parallelismo` tra i due lati orizzontali;
2. imponiamo il vincolo di `Parallelismo` tra i due lati verticali;
3. imponiamo il vincolo di `Parallelismo` tra l'entità esterna ed un lato verticale;
4. imponiamo il vincolo di `Perpendicolarità` tra un lato verticale ed un lato orizzontale;
5. imponiamo il vincolo di `Distanza-punto-punto` lungo un lato verticale e definiamo la corrispondente variabile `HTasca` con valore `30`;
6. imponiamo il vincolo di `Distanza-punto-punto` lungo un lato orizzontale e definiamo la corrispondente variabile `LTasca` con valore `50`;
7. imponiamo il vincolo di `Distanza-X-punto-punto` tra il vertice in basso a destra del quadrilatero ed il vertice vicino dell'entità esterna e definiamo la corrispondente variabile `OffsetTasca` con valore `5`;
8. imponiamo il vincolo di `Distanza-Y-punto-punto` tra il vertice in basso a destra del quadrilatero ed il vertice vicino dell'entità esterna senza definire una corrispondente variabile.

Per assegnare la variabile `OffsetTasca` anche all'ultimo vincolo, ottenendo in questo modo un'unica variabile che controlla due vincoli, è necessario che:

1. selezioniamo il comando `Vg/Variabili`;
2. selezioniamo, sul popup che elenca le variabili esistenti, la variabile `OffsetTasca`;
3. selezioniamo con `[m2]` il tasto `Ok` del popup;
4. selezioniamo la "quota" che rappresenta il vincolo `Distanza-Y-punto-punto` corrispondente all'ultimo vincolo definito;
5. terminiamo la selezione delle "quote" con `[m3]`.

Per centrare la tasca orizzontalmente e verticalmente sulla faccia, nell'ipotesi che le dimensioni della tasca non costituiscano una specifica di progetto, è necessario definire opportunamente le variabili `HTasca` e `LTasca` seguendo la i seguenti passi:

1. selezioniamo il comando `Modifica/Solidi/Cambia`;
2. selezioniamo con `[m2]` la "quota" che rappresenta la dimensione orizzontale della tasca; vedremo apparire un popup simile a quello in Figura C.16.B;
3. inseriamo il nome della variabile, `HTasca`↵, nella parte sinistra del popup e l'espressione `LatoObliquo-(OffsetTasca*2)`↵ nella parte destra; se l'operazione è stata eseguita correttamente vedremo il valore corrispondente apparire nell'angolo in basso a destra del popup;
4. richiudiamo il popup selezionando `Ok` con `[m2]`;
5. ripetiamo la stessa operazione per la dimensione verticale della tasca inserendo come nome della variabile `LTasca`↵, e come espressione `Profondita-(OffsetTasca*2)`↵.

Sullo schermo dovremmo vedere un'immagine analoga a quello in Figura C.20.B.

C.3.5. Scavo della tasca e raccordo del fondo

Lo scavo della tasca, disponendo del corrispondente profilo, può essere effettuato con un'unica operazione. La procedura da seguire è la seguente:

1. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Tasca`;

2. poniamo le modalità di controllo del comando tasca, visualizzate nella parte superiore dell'area grafica, nello stato `Non-passante` ad indicare che vogliamo uno scavo di tipo non passante;
3. alla richiesta di un profilo rispondiamo con la selezione del profilo;
4. selezioniamo quindi, come richiesto, la faccia oggetto di scavo, cioè la faccia obliqua;
5. inseriamo i dati nel popup di input: `Altezza=10`, `Angolo conicità=0`;
6. confermiamo i dati inseriti selezionando il tasto `Ok` del popup.

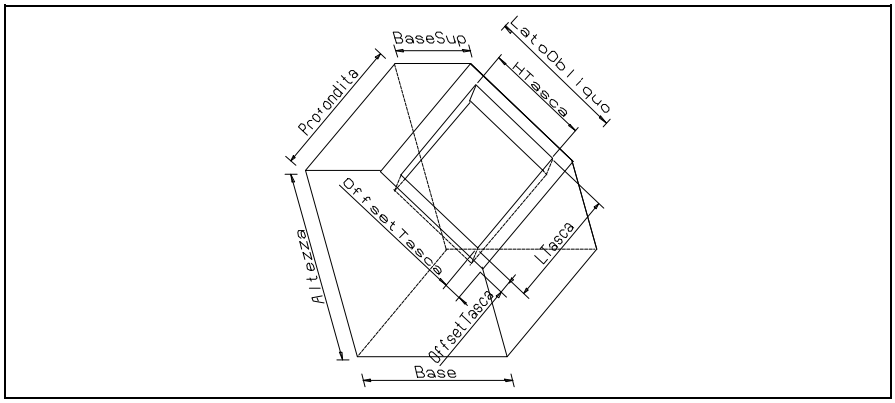


Figura C.22.

Il risultato ottenuto dovrebbe corrispondere al solido rappresentato in Figura C.22. Per effettuare un operazione di raccordo sugli spigoli del fondo della tasca eseguiamo le seguenti operazioni:

1. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Raccordo`;
2. impostiamo le modalità di controllo del comando di raccordo, poste nella parte superiore dell'area grafica con `Raggio=`5, `Costante`, `Faccia`;
3. selezioniamo due lati consecutivi del perimetro della faccia posta sul fondo della tasca;
4. terminiamo la selezione con `[m3]`.

C.3.6. Creazione di un perno raccordato

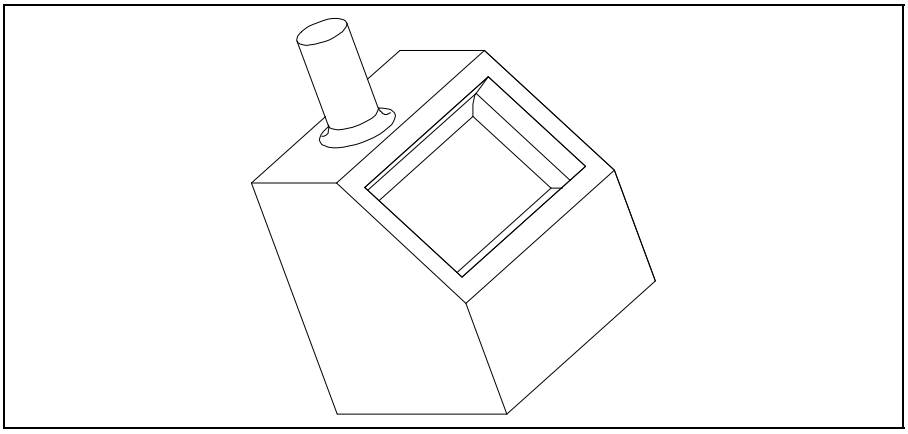


Figura C.24.

Per aggiungere al solido ottenuto un perno posto sulla faccia superiore raccordato con la faccia stessa utilizzare la seguente sequenza di comandi ed operazioni:

1. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Perno`;
2. selezioniamo con `[m2]` la faccia superiore del solido, su cui porre il perno;
3. nel menù popup che richiede una modalità di definizione del centro del perno selezioniamo la voce `Da-due-lati`;
4. confermiamo e chiudiamo il menù selezionando il tasto `Ok`;
5. nella parte superiore dell'area grafica imponiamo il raggio del perno con `Raggio=6`↵;
6. selezioniamo con `[m2]` dapprima il lato più breve della faccia e quindi il lato maggiore;
7. nel popup di input che appare a questo punto inseriamo i dati: `Distanza-da-primo-lato=30`↵, `Distanza-da-secondo-lato=12.5`↵, `CoordinataZ = 0`↵;
8. confermiamo i dati e richiudiamo il popup con la selezione di `Ok`;
9. alla richiesta di ulteriori dati da parte di un altro popup rispondiamo con: `Altezza=20`↵, `Conicità=0`↵;
10. confermiamo e richiudiamo il popup con la selezione di `Ok`;

11. possiamo osservare, dopo alcuni secondi di attesa, il perno sopra la faccia superiore;
12. selezioniamo il comando `Modifica-solidi/Raccordo` per raccordare il perno alla faccia superiore;
13. configuriamo le opzioni del comando, visualizzate nella parte superiore dell'area grafica con: `Raggio=5`↵, `Costante`, `Lato`;
14. selezioniamo la base del perno con `[m2]` e terminiamo con `[m3]`.

A questo punto, se tutte le operazioni sono state eseguite correttamente, dovremmo vedere un solido analogo a quello in Figura C.24.

C.5. Esempi d’utilizzo

Le tavole seguenti sono state ottenute da progetti realizzati con il sistema Eureka. Esse rappresentano la testata di un motore motociclistico a cinque valvole per cilindro da un progetto originale della BRD Resarch and Development di Parma. La realizzazione del progetto è avvenuta nel contesto di una collaborazione dell'autore con l’ing. G.Bocchi. Il modello è stato realizzato da Marco Galloni.

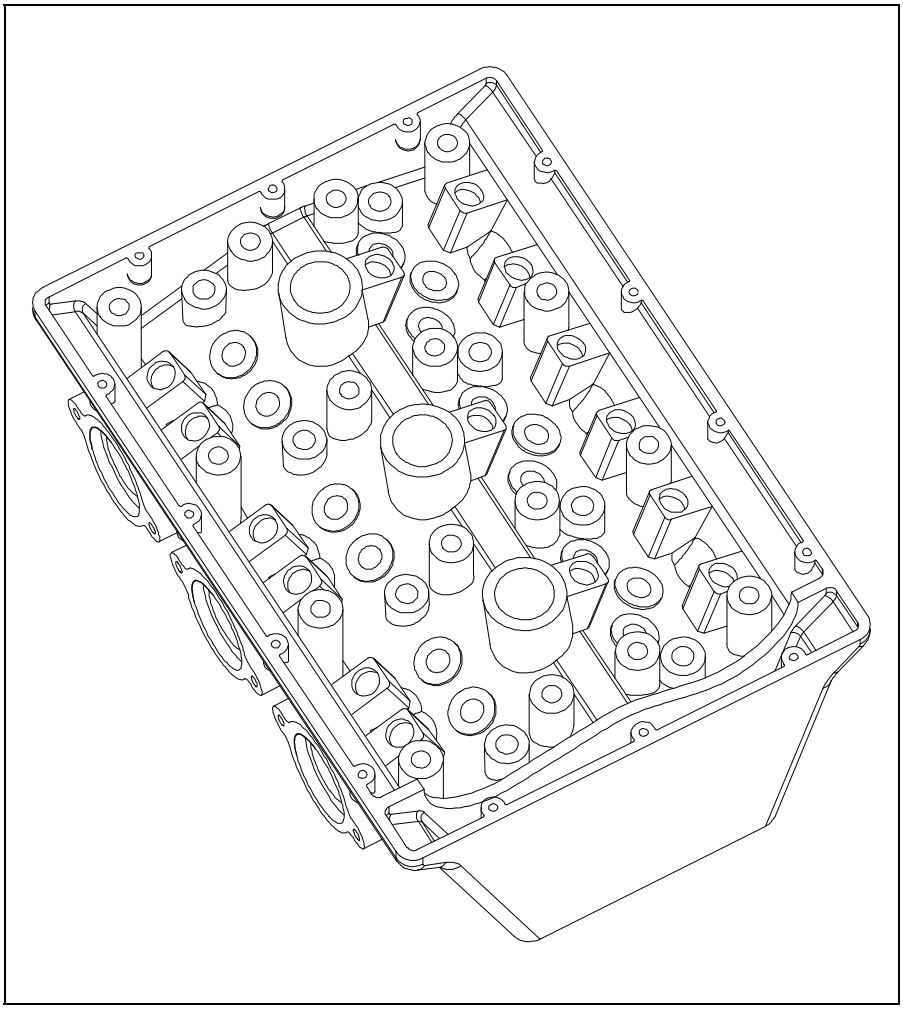


Figura C.26.

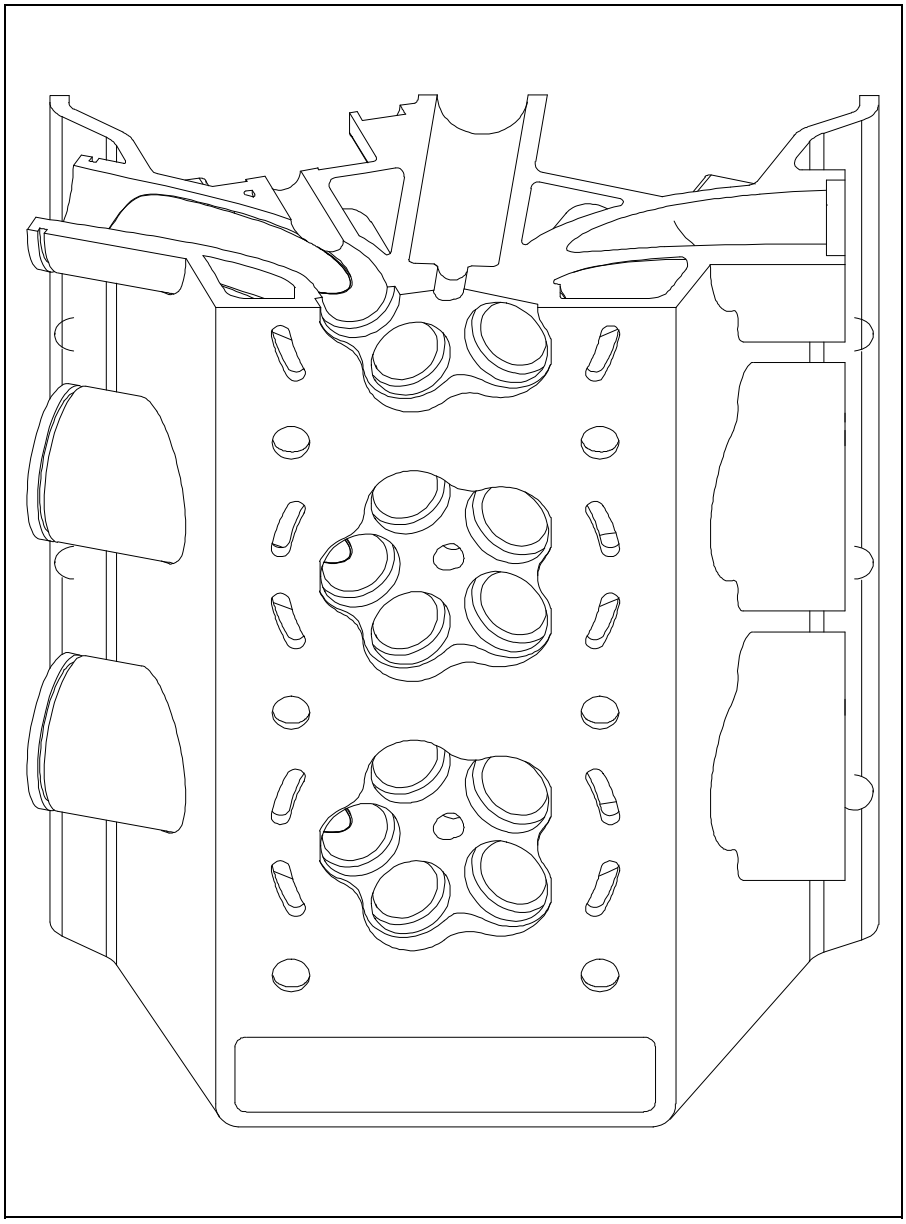


Figura C.28.

Appendice D
Utilizzare I-DEAS

C.1. Esempi d'utilizzo

In questa appendice viene presentato un esempio di utilizzo del sistema SDRC I-DEAS. L'esempio raffigurato dalle Figure D.2. e D.4. è stato realizzato da un disegno originale della BRD Research and Development di Parma nel contesto di una collaborazione dell'autore con l'ing. G.Bocchi e rappresenta un riduttore per uso aeronautico. Alcune caratteristiche geometriche, come ad esempio la dentatura degli ingranaggi, sono state omesse per semplificare il lavoro di modellazione. I modelli sono stati realizzati dagli studenti del corso di Disegno Assistito dal Calcolatore della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Parma.

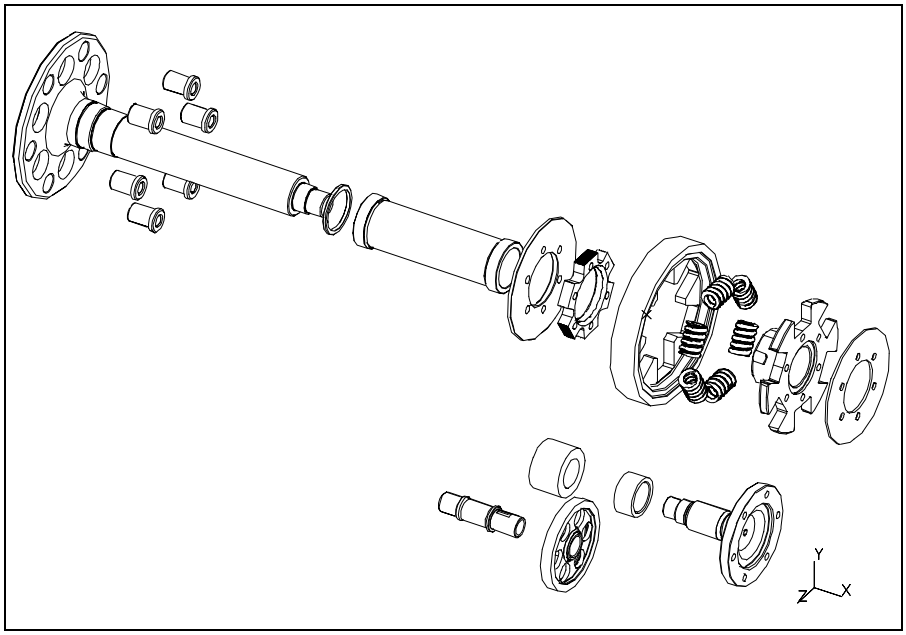


Figura D.2.

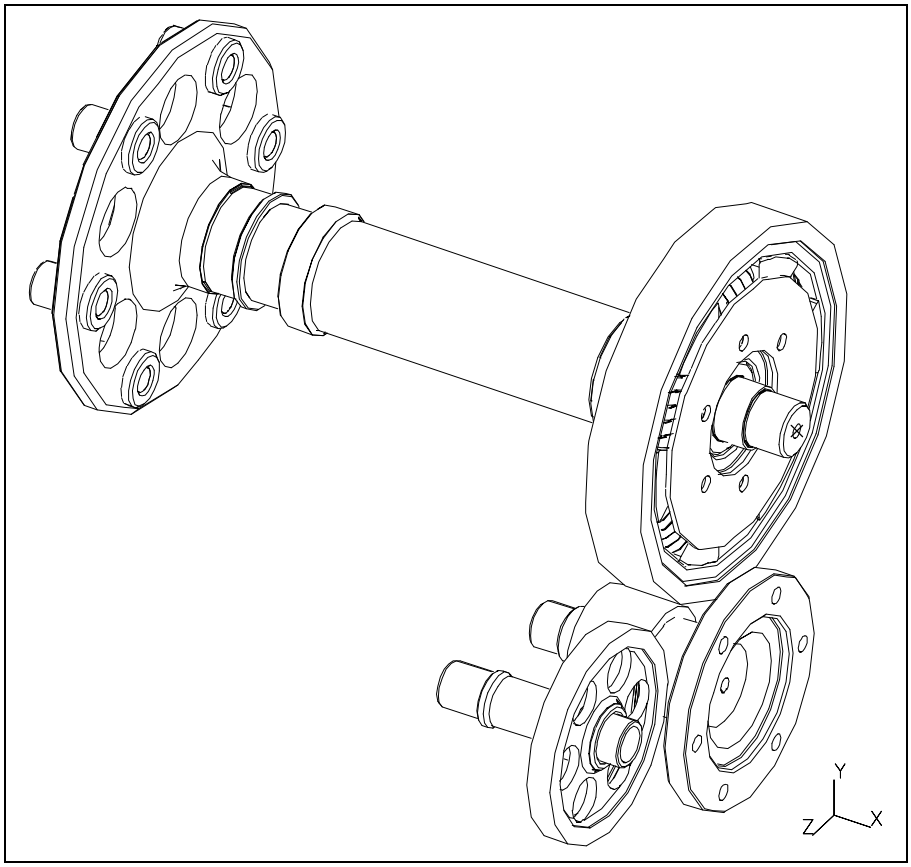


Figura D.4.

Bibliografia

[1] Newman W.M., and R.F. Sproull. *Principi di Computer Graphics.* McGraw–Hill Libri Italia srl, Milano, 1986.

[2] Deitel H.M. *An introduction to operating systems.* Addison-Wesley Publishing Company, Reading MA, 1984

[3] Bourne S.R. *Il sistema UNIX*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading MA, italian edition, 1984.

[4] *Microsoft Windows, manuale dell'utente.* Microsoft Corporation, italian edition, 1992.

[5] McMinds D.L. *Mastering OSF/Motif Widget.* Addison–Wesley, Reading MA, 1992.

[6] Heller D. *Motif programming manual for OSF/Motif Version 1.1*. O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol CA, 1991.

[7] *Open Look Graphical User Interface Functional Specification.* Sun Microsystem, Inc., AddisonWesley publishing Company, Inc., 1990.

[8] *Microsoft MS-DOS, manuale dell'utente.* Microsoft Corporation, italian edition, 1991.

[9] *DesignCAD 3-D, Version 3.1 Reference Manual*. American Small Business Computers, Inc., Pryor OK USA, 1990.

[10] Requicha A.A.G. *Representation for Rigid Solids: Theory, Methods, and Systems*. Computer Surveys, 12(4):437–464, December 1980.

[11] Requicha A.A.G., and J.R. Rossignac. *Solid Modeling and Beyand.* IEEE Computer Graphics & Applications, 12(5):31–44, September 1992.

[12] Folini F. *Progettazione e sistemi CAD parametrici.* Pixel, 14(5):5–12, Editrice Il Rostro, Milano Italy, 1993.

[13] Folini F., and I. Vicini. *Un sistema per la descrizione e manipolazione di disegni tecnici in forma parametrica.* In: Proceedings of AICA 87 annual conference (Trento Italy, 30 September 2–October 1987), pp. 203-222, AICA, October 1987.

[14] Chung J.C.H., and M.D. Shussel. *Comparison of variational and parametric design.* In Proceedings of AutoFact 89, 1989.

[15] Roller D.C., F. Shonek, and A. Verroust. *Dimension–driven geometry in CAD: a survey*. In: Theory and Practice of Geometric Modeling, Springer–Verlag, Berlin FRG, 1989.

[16] Verroust A., F. Schonek, and D.C. Roller. *Rule–oriented method for parametrized computer–aided design.* Computer Aided Design, 24(10):531–540, October 1992.

[17] Aldefeld B., H. Malberg, H. Richter, and K. Voss. *Rule based variational geometry in Computer Aided Design.* In: D.T. Pham, editor, Artificial Intelligence in Design, pp. 27–46, Springer–Verlag, Berlin FRG, 1991.

[18] *AutoLISP 10, Manuale del programmatore*. Autodesk AG, February 1989.

[19] *LPG: Linguaggio Procedure Grafiche, Manuale Operativo*. CAD.LAB S.p.A., Casalecchio di Reno Italy, IO 91/10 edition, October 1991.

[20] *CADDS4X: CVMAC Language Reference.* Computervision Corporation, Bedford MA, August 1985.

[21] *microCADDS: User Programming Language (UPL), Reference Revision 3.1*. Computervision Corporation, Bedford MA, 1988.

[22] *I–DEAS Drafting Programming Language: User's Guide.* SDRC Structural Dynamics Research Corporation, Milford Ohio, April, 1990.

[23] *DesignCAD 3-D, Version 3.1 Bassic CAD Reference Manual.* American Small Business Computers, Inc., Pryor OK USA, 1990.

[24] Cugini U., C. Devoti, and P. Galli. *A system for parametric definition of engineering drawings.* In: Proceedins of MICAD 85, Hermès, Paris France, 1985.

[25] McMahon C.A., K. Lehane, J.H.S. Williams, and G. Webber. *Observations on the application and development of parametric–programming techniques.* Computer Aided Design, 24(10):541–546, October 1992.

[26] Light R.A., and D.C. Gossard. *Modifications of geometric models through variational geometry*. Computer Aided Deign, 14(4):209–214, July 1982.

[27] Hillyard R. C., and I. C. Braid. *Analisis of dimensions and tolerances in computer–aided mechanical design*. Technical Report 8, Computer laboratory University of Cambridge, Cambridge UK, June 1978.

[28] *I–DEAS Solid Modeling: User's Guide*. SDRC Structural Dynamics Research Corporation, Milford Ohio, 1991.

[29] *EUREKA: Manuale Utente.* ECOCAD ITALIA S.p.A., Pesaro Italy, IO 92/20 edition, November 1992.

[30] Cinti Luciani S., and G. Amato. *La proposta italiana per un'ingegneria simultanea.* Pixel, 13(12), Editrice Il Rostro, Milano Italy, 1992.

[31] Kimura F., H. Suzuki, and L. Wingard. *A uniform approach to dimensioning and tolerancing in product modeling.* In: K. Bo, L. Estensen, and E.A. Warman, editors, Computer Applications in Production and Engineering: Proceedings of The Second International IFIP Conference CAPE'86, IFIP, North–Holland, Amsterdam NL, 1986.

[32] Cugini U., F. Folini, and I. Vicini. *A procedural system for the definition and storage of technical drawings in parametric form.* In: D.A. Duce and P. Jancene, editors, Eurographics 88: Proceedings of the European Computer Graphics Conference and Exhibition (Nice France, 12–16 September 1988), pp. 183–196, Eurographics, North–Holland, Amsterdam NL, 1988.

[33] Colombo G., D. Ferretti, and F. Folini. *Enhancing user–system communication: the key to improve CAD systems*. In: G. Doumeingts, J. Browne, and M. Tomljanovich, editors, Computer Applications in Production and Engineering: Proceedings of the Fourth International IFIP TC5 Conference CAPE'91 (Bordeaux France, 10–12 September 1991), pp. 227–233, IFIP, North–Holland, Amsterdam NL, 1991.

[34] Colombo G., D. Ferretti, F. Folini, U. Cugini, and E. Prati. *A user–friendly system to aid mechanism design*. In: Proceedings of IFToMM–jc International Symposium on Theory of Machines and Mechanism, pp. 559–564, IFToMM, 1992.

[35] Liker J.K., M. Fleischer, M. Nagamachi, and M. Zonnevyelle. *Designers and their machines: CAD use and support in US and Japan.* Communications of ACM 35(2):77–`95, 1992.

[36] *Sistema grafico AutoCAD Release 10 Guida all'Uso*. Autodesk AG, CH, td117–000.i(a) edition, Febbraio 1989.

[37] Omura G. *Mastering AutoCAD Release 11*. Sybex, Alameda CA, fourth edition, 1991.

[38] *GBG DraftMaker: Manuale di rapida consultazione [GBG DM 5.0]*. CAD.LAB S.p.A., Casalecchio di Reno Italy, IQ 92/10 edition, November 1992.

[39] *Series 7000 Advanced Graphics Software Release 11.5: Users's Reference*. Auto–trol technology, Denver CO, April 1988.

[40] *GBG DraftMaker: Manuale Utente [GBG DM 5.0]*. CAD.LAB S.p.A., Casalecchio di Reno Italy, IO 92/9 edition, September 1992.

Indice analitico

CAD
- Computer Aided Design, 8, 11, 13, 14, 39, 43
- Computer Aided Drafting, 13, 43
- Groups, 48
- Layers, 47, 50
- Macro, 57
- Modeling Space, 62
- Non-geometrical Constraints, 73
- Parametric Model, 97
- Representation Schema, 62
  - B-rep (Boundary Representation), 67, 171
  - Constructives Representations, 65
  - CSG (Constructive Solid Geometry), 67, 104
  - Form Features, 68, 182
  - Regular Decomposition, 64
  - Sweep, 186
  - Topological Boundaries, 65
  - Wire-frame, 66, 96
- Solid Modeling, 13, 59
- Surfaces
  - B-spline, 97
  - Bézier, 97
  - NURBS, Non Uniform Rational B-Spline, 97, 171
  - Spline, 97
- Symbol, 48
- Variational Model, 97
- Voxel, Volume Element, 65

CAD System
- API, Application Programming Interface, 52
- AutoCAD (AutoDesk), 43, 75, 89, 103
  - AME, Advanced Modeling Extension, 98, 104, 139
  - AutoLISP, programming language, 57, 75, 103
  - Commands
    - Arc, 128
      - CSE, Center Start End, 120

SER, Start End Radius, 128
Block, 49, 121, 128, 138
Center, 121, 128
Chprop, 50, 116, 120, 121, 125
Layer, 125, 127
LType, 116, 120, 121
Circle, 110, 120, 121, 128
CenRad, 110
TTR, 129
Dim, 111, 112
Angular, 113
diameter symbol, 114
Dimcen, 113
Horizontal, 112
Leader, 114
Linear, 111
Vertical, 111, 112
Divide, 53, 122, 128, 129
Dtext, 114
End, 114
Endpoint, 125
Erase, 50, 122, 129
Extend, 118, 126
Fillet, 118, 125
Radius, 118
Hatch, 53, 119, 126
Insert, 49, 122
Intersect, 122
Intersection, 112
Layer, 48
Limits, 107, 115, 117, 119, 123
Line, 46, 108, 109, 116, 117, 120, 125
Linetype, 116
Load, 116
List, 52
LTscale, 116, 121, 125
Mirror, 125, 126
Osnap, 47, 112, 113, 117
Pan, 58, 117
Polygon, 46, 120
Quit, 114

Redraw, 172
Regen, 118, 122, 172
Save, 110
Settings, 124
Tangent, 117
Text, 124, 128, 129
Trim, 118, 128
UCS, User Coordinates System, 46
Undo, 108, 117
Zoom, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 128, 129, 171, 176, 179, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192
All, 119, 172
Dynamic, 117
Previous, 117
Window, 57, 117, 172
DXF, Data eXchange Format, file format, 55, 103
Menus
Draw, 108, 109, 110, 120, 122
Modes
Grid, 107
Ortho, 107, 108, 109, 114
Polar Coordinates, 109
Relative Coordinates, 109
Snap, 107, 109, 114
CADDS4x/5x (ComputerVision), 75
CVMAC, programming language, 75
Design CAD 3-D (American Small Business Computers, Inc.), 61, 75
BasicCAD, programming language, 75
Euclid (MatraDatavision), 44
Eureka (Cad.Lab), 43, 100, 171
Commands
ARS, Active Reference System, 175, 187
Fatto, 176, 187
Invisibile, 175
Lunghezza, 176
Per-Tre-Punti, 187
Vista->Ars, 187
Distruggi, 177
Linee-Archi, 176
Estremi, 176, 177
VG, Variational Geometry, 178

Aggiungi, 174
Angolo, 174
Distanza-punto-punto, 174
Distanza-X-punto-punto, 174
Distanza-Y-punto-punto, 174
Ground, 174
Ground, 174, 179
Ground-X, 174
Ground-Y, 174
Orientamento, 174
AngoloCostante, 174
Orizzontale, 174
Verticale, 174, 179
Parallele, 174, 178, 179
Perpendicolari, 179
Raggio, 174
Crea, 178
Risolvi, 178, 179
GBG DraftMaker (Cad.Lab), 43, 75, 89, 99, 141, 152, 169
Commands
AGGiusta, 148
SINGolo, 148
AGGRega
GRUppo, 48, 167
SIMBolo, 49, 163
ANGQuo, 160, 161, 162
ANNulla, 147, 151
APRi
GRUppo, 168
ARCo, 156
ASSI2PR, 157
CAMpitura, 157
PUI.Nisole, 53, 157
PUInterno, 53, 157
CANcella, 50, 147
SIMBolo, 165
INUtili, 165
SINGolo, 147, 151, 153
CArica
DISEgno, 151
SIMBolo, 165

CATena, 150
CENtro, 146
CFInestra, 150
CHiudi
    GRUppo, 168
CIRconferenza, 154
    BITangente, 154
    CPunto, 154
    CTangente, 155
    P2PTangente, 155
    P3PUNTI, 154
    PBItangente, 155
    PTangente, 155
    TRItangente, 155
COMplementare, 150
COPia, 50, 53, 148, 158, 159
    PUI.Nisole, 149
    PUInterno, 148
DEFinisci
    GRUppo, 48, 168
    U.Misura, 145
    V.Iniziale, 144
DISAggrega
    GRUppo, 167
    SIMBolo, 163
DISTInta
    GRUppi, 52, 168
    SIMBoli, 164
    SIMboli, 52
DX, DY, 46, 146
ELENco
    GRUppi, 167
    SIMBoli, 163
ELImina
    GRUppo, 168
    SIMBolo, 164
EOS, 149, 151, 159, 163, 167
ESTremo, 146
FINestra, 149
HAlt, 147, 151, 152, 153, 154
INGrandimento, 57, 144, 172

INTerseca, 147
    SINGolo, 147
LIsta
    GRUppi, 168
    SIMBoli, 164
LIVInput, 48
LIVOutput, 48
MODifica
    ATTRibuti, 50
    CTEsto, 148
    ESEGmento, 148
    LPRImitiva, 148
NGR, 151
OFFSet, 159
    SPECiale, 159
ORIgine, 146
P2SOpra, 146
PAN, 58, 144
PINtersezione, 145
PINTSingolo, 145, 146
PIXEL, 145
PMEdio, 145
POLIgono
    REGolare
        CIRCOscritto, 156
        INSscritto, 157
    RETTANgolo, 156
POLigono
    REGolare
        CIRCOscritto, 46
        INScritto, 46
POSiziona
    SIMBolo, 49
POSizione
    GRUppo, 167
    SIMBolo, 164
PUNto, 156
PX, PY, 146
Q.NTRatti, 162
QUota
    QAA, 161

QAE, 161
QAEA, 161
QAngolo, 161
QDEsterna, 161
QDiametro, 161
QLA, 160
QLABel, 161
QLC, 161
QLunghezza, 160
QParallele, 162
QRaggi, 162
QRInterna, 162
QSA, 160
QSA.Parallele, 161
QSA.Progressiva, 161
QSA.Serie, 161
QSpeciale, 161
QSV, 162
RACcordo, 157
PTangente, 156
REName
GRUppo, 167
SIMBolo, 163
REPLace
DISEgnoo, 164
REPlace
GRUppo, 168
SIMBolo, 165
REtta, 153
BITANente, 153
PANGolo, 153
PARALlela, 153
PERPendicolare, 153
TANGente, 153
RIdisegna, 143, 172
RIDVista, 144, 172
RIESegui, 151
ROTAzione, 158
ROTOtraslazione, 53, 158
SAlva
DISEgno, 151, 164

GRUppo, 168
SIMBolo, 164
SASsiale, 158
ORIZzontale, 159
P2Punti, 159
VERTICAle, 159
SEGmento, 46
ASSe, 153
HV, 152
SINGolo, 153
MULtiplo, 152
SINGolo, 152
SMUsso, 157
SNAp, 47
SOP.Raster, 146
SOPra, 145, 146
SPEzza, 148
SPOLigonale, 159
SPOsta, 50, 149, 158, 159
STRetch, 149
T.2SCale, 159
T.SCAla, 159, 164, 168
TEsto, 162
TETAx, LUNghezza, 146
TFInestra, 150
TRASFERisci, 168
TRASlazione, 158
TUTtti, 150
V.ANNulla, 151
VCorrente, 144
VERIfica, 52
SUPerficie, 52
VERTice, 146
VISta
INIZiale, 144
OTTimizzata, 143, 172
PREcedente, 144
X, Y, 146
ZOom, 144
REAlistica, 145
Commands:, 158

GBG Raster, bit-mapped image module, 145
LPG, programming language, 57, 75
Modali, 142
ALFa, 143, 157, 158
RAGio, 143, 154, 155, 157
Parametric, parametric module, 99
GIPS, Graphic Interactive Parametric System, 77
I-DEAS(SDRC), 43, 75, 101, 172, 174, 195
Commands
Autoscale, 172
DPL, Drafting Programming Language, 75
Microstation (Intergraph), 44
PersonalDesigner (ComputerVision), 43
UPL, programming language, 75
Pro-Engineer (Parametric Technologies Corporation), 44
S7000 (ItalCAD/AutoTrol), 172
Commands
Automaxmin, 172
Unigraphics (EDS), 43
Concepts,variationalmodule, 102
Vellum-2D(Ashlar), 43
scrollbar, 58
Computer, 5
Computer device, 6
CD-DA, Compact Disk Digital Audio, 7
DAT, Digital Audio Tape, 7
Data Glove, 11
FD, Floppy Disk, 7, 110
Graphic Card, 11
CGA, Computer Graphic Adapter, 12
EGA, Enhanced Graphic Adapter, 12
SuperVGA, Super Video Graphic Array, 12
VGA, Video Graphic Array, 12
XGA, eXtended Graphic Adapter, 12
HD, Hard Disk, 6
Input Devices, 7
Keyboard, 5, 7
Functional Key, 7
Layout, 7
Numeric Key Pad, 7
Magneto-Optical Disk, 7
Microphone, 10

Modem, 19, 54, 91
Monitor, 5
Color, 13
CRT, Cathode Ray Tube, 13
Electron beam, 13
Electron gun, 13
Flickering, 14
Interlaced display, 14
LCD, Liquid Cristal Display, 14
Monochrome, 13
Non-interlaced display, 14
Raster scan display, 14
Refresh line-drawing display, 13
Optical Disk, 7
Output Devices, 11
Plotter, 14, 47, 92
Pendown, 15
Penup, 15
Pointer Device, 8
Digitizer, 9
Joy-stick, 9
Lightpen, 9
Mouse, 8
Tablet, 9, 11
Track-ball, 9
Printer, 16
Color, 16
Daisy Wheels, 17
Dot matrix, 16
Head, 16
Impact, 16
Inkjet, 18
Laser, 17
Detach corona, 17
Photoconductordrum, 17
Toner, 17
Thermalprinter, 18
Scanner, 10
Handy, 10
Tape, 7
Video camera, 11

WORM, Write Once Read Many, 7
Computer Graphic
Color Palette, 13
HPGL, Hewlett Packard Graphic Language, 16
Pixel, picture element, 11, 12, 27
Postscript (Adobe), page description language, 18
Computer Graphics, 8
Computer Memory
Gb, giga byte, 7
Main Memory, 5
Mass Storage, 6
Mb, mega byte, 6, 7
RAM, Random Access Memory, 6
Random access, 6
ROM, Read Only Memory, 6
Secondary Memory, 6
Computer Network, 19
LAN, Local Area Network, 19, 54, 91
MAN, Metropolitan Area Network, 19
WAN, Wide Area Network, 19
Computer processor
Architecture
CISC, Complex Instructions Set Computer, 5
RISC, Reducted Instructions Set Computer, 5
CPU, Central Processing Unit, 5, 22
Math coprocessor, 5
Computer type
PC, Personal Computer, 5, 6, 12, 33
Macintosh (AppleComputer), 30, 34, 98
Workstation, 5, 6, 12, 33
Operating System, 21
Booting Phase, 6, 33
Command Shell, 33, 34
File-system, 21, 23, 34, 37, 41
Directory, 23, 36, 37
Current, 24, 36
Home, 24
Root, 24
File, 23, 37, 39
Link, 24, 40, 41
Path Name, 24
Absolute, 24, 36

Relative, 24, 36
Kernel, 21, 22
Macintosh Finder (Apple Computer), 30
MS-DOS (Microsoft), 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 89, 104
MS-Windows (Microsoft), 25, 28
Preemptible resource, 22
Process, 22
State
Blocked, 22
Ready, 23
Running, 22
Programming Language
Fortran, 24
Prompt, 34
Script files, 23
Shell, 21, 23
Types
Batch, 22
Multi-processing, 22
Multi-programming, 22
Multi-tasking, 25
Time-sharing, 22
UNIX, 21, 23, 24, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 89
C-shell, 23
Korn-shell, 23
User
Account, 24
Password, 33
User Interface
Feedback, 8
GUI, Graphical User Interface, 8, 9, 34, 58
keyboard focus, 34
Pulldown Menu, 107
Utility Programs, 21, 24
Compiler, 24
Debugger, 24
Electonic Mail (e-mail), 10, 24
Interpreter, 24
Virtual Memory, 23
Window Manager, 25
Close Window, 26

Create Window, 25
Iconify/Minimize Window, 27
Maximize Window, 27
Open Look (Sun Microsystems), 31, 171
OSF Motif, 31, 171
Pop Window, 26
Push Window, 26
resize Window, 27
Window System, 24, 30
Cursor, 34
X-Window, 24, 30, 171
Software
CAM, Computer Aided Manufacturing, 55
DTP, Desk Top Publishing, 8
Image Processing, 12
Multimedia Systems, 19
OCR, Optical Character Recognition, 11
WP, Word Processing, 11

Disegno Assistito da Calcolatore

Finito di stampare il 15 dicembre, 1999.